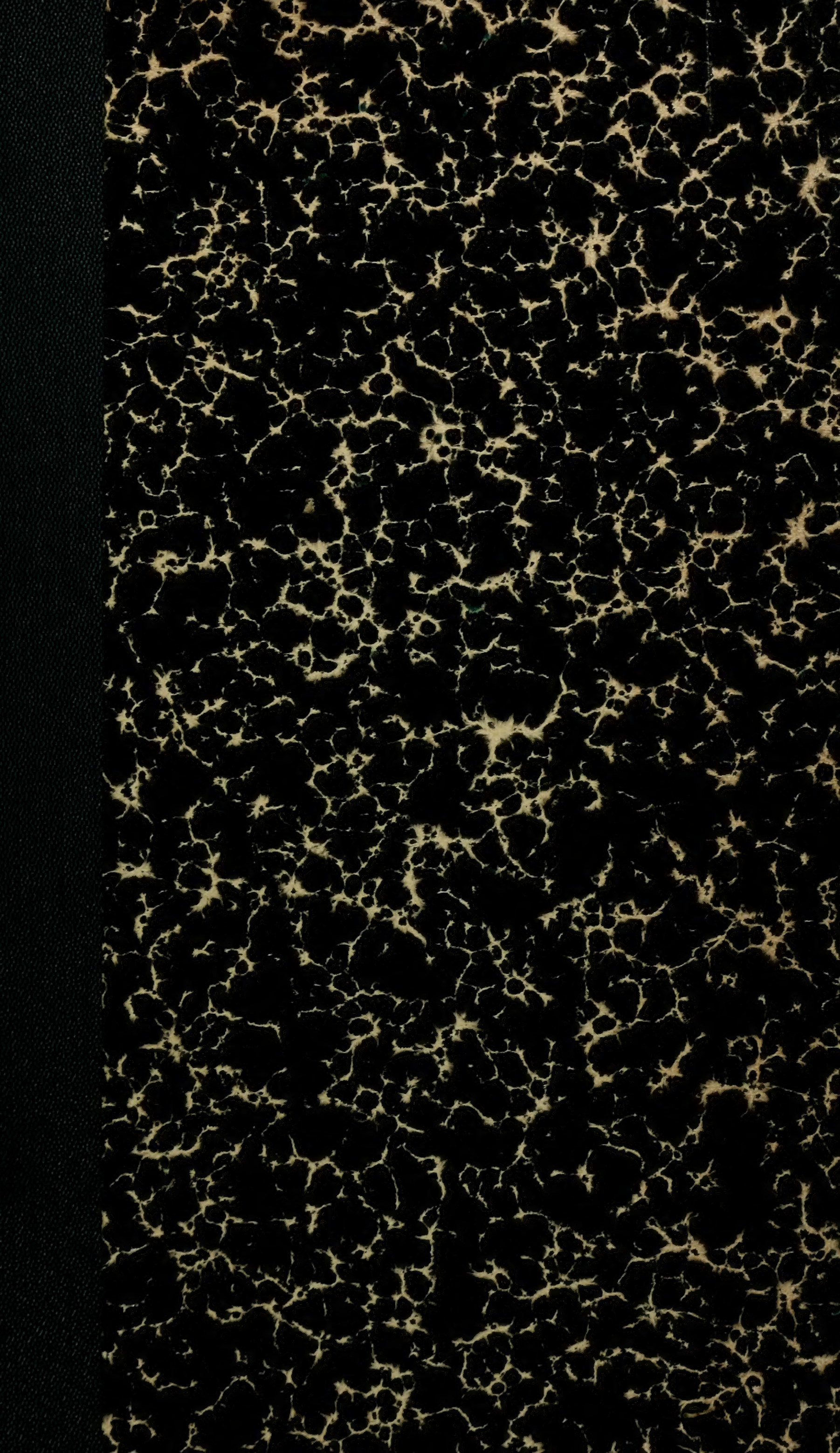
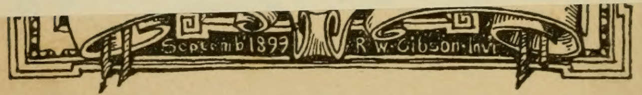



Septemb 1897
R W Gibson Inv

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME VINGT-CINQUIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE L'HÔTEL-DE-VILLE, 6

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL

NEUCHATEL
DELACHAUX ET SANDOZ

1866

RECHERCHES

SUR LES

COMBINAISONS DU NIOBIUM

PAR

M. C. MARIGNAC

(Deuxième Mémoire.)

I. *Non-existence de l'Ilménium.*

Dans mon premier mémoire[1] sur les combinaisons du niobium, j'ai signalé la constante association dans la nature des acides du niobium et du tantale, et montré que c'était là la cause des résultats erronés obtenus par H. Rose dans l'étude des acides du premier de ces corps. Je viens maintenant exposer la méthode que j'ai suivie pour leur séparation, et les résultats que j'ai obtenus dans l'analyse de plusieurs minéraux qui les renferment tous les deux.

Mais je dois auparavant présenter quelques observations sur deux mémoires qui ont paru à peu près en même temps que le mien sur le même sujet.

J'ai déjà signalé dans ce journal[2] l'important travail de M. Blomstrand. Je n'ai pas besoin d'exprimer de nouveau la satisfaction que j'ai éprouvée en voyant que

[1] Voyez *Archives*, tome XXIII, p. 167 et 249.
[2] Voyez *Archives*, tome XXIII, p. 326.

ce savant était arrivé, sur toutes les questions étudiées par ses propres expériences, aux mêmes résultats que moi. Seulement il conservait pour l'acide niobique la formule de H. Rose dont le changement m'avait paru nécessaire. En présentant un résumé de ses recherches à l'Académie des sciences de Paris[1], M. Blomstrand les avait fait suivre de quelques observations dans lesquelles il émettait des doutes sur la convenance de la formule proposée par moi, et sur la pureté des matières que j'avais dû employer. Mais il serait inutile de chercher ici à réfuter ces objections, puisque ce savant, avec une loyauté dont je le remercie, vient de les retirer lui-même[2]. Il annonce en effet qu'il ne les avait présentées que parce qu'il ne connaissait encore mon travail que par la première note fort incomplète publiée par moi[3], et d'après laquelle il avait dû croire que je maintenais l'existence de deux acides distincts du niobium, fait dont il avait constaté l'inexactitude. Mais dès que j'admets avec lui que le niobium ne forme qu'un seul acide, et que cet acide a la même constitution que l'acide tantalique, il n'a pas de raison à opposer aux nouvelles formules que je propose pour ces deux acides, vu que ses propres expériences n'ont pas eu pour but de vérifier la composition que leur avait attribuée H. Rose.

Un autre mémoire très-étendu publié par M. R. Hermann[4], est la cause du long retard apporté à la rédaction de mes nouvelles recherches. J'ai dû en effet répéter de nombreuses expériences pour contrôler les affirmations

[1] *Comptes rendus*, séance du 21 août 1865.
[2] *Comptes rendus*, séance du 13 novembre 1865.
[3] *Comptes rendus*, séance du 30 janvier 1865.
[4] *Journal für praktische Chemie*, t. XCV, p. 65.

de ce savant, car si elles étaient exactes, la plus grande partie des résultats que j'ai obtenus seraient entachés d'erreur.

M. Hermann annonça, il y a vingt ans[1], la découverte d'un nouvel acide métallique, l'acide ilménique, dans un minéral de l'Oural auquel il donna le nom d'yttroilménite. Il retrouva ce même acide accompagnant l'acide niobique dans l'æschynite, le pyrochlore, la samarskite et la plupart des columbites. Plus tard, ce savant abandonna l'idée que cet acide renfermât un métal distinct du niobium, et le considéra comme un degré d'oxydation particulier de ce métal[2].

Maintenant il est revenu à sa première opinion et soutient de nouveau l'existence distincte de l'ilménium et de l'acide ilménique et la présence de ce dernier acide en proportions considérables dans les columbites. Voici la méthode qu'il indique pour le séparer de l'acide niobique. Après avoir extrait les acides métalliques des columbites par l'attaque au bisulfate de potasse, il fait bouillir une quantité de ces acides correspondant à environ 1 gr. d'acides anhydres, avec 12 gr. d'une solution de soude caustique à 10 %, puis il ajoute 210 gr. d'eau et porte de nouveau à l'ébullition. Il obtient ainsi une dissolution claire (à moins qu'il n'y eut de l'acide tantalique qui ne se dissoudrait pas dans ces circonstances). La liqueur est précipitée par l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque, et le précipité formé par les acides hydratés recueilli sur un filtre et égoutté. Il fait bouillir ce précipité, encore humide, avec 150 gr. d'acide chlorhydrique concentré (D = 1,175), puis ajoute 390 gr. d'eau bouillante. Il

[1] *Journal für praktische Chemie*, t. XXXVIII, p. 91.
[2] *Journal für praktische Chemie*, t. LXVIII, p. 65.

obtient ainsi une dissolution claire dans laquelle il dissout 30 gr. de sulfate de potasse, puis il la neutralise par une dissolution de soude caustique. Les acides métalliques sont ainsi précipités à l'état de sous-sulfates (B-sulfates). Ce précipité est recueilli sur un filtre, on le lave en versant une seule fois de l'eau sur sa surface et on le laisse égoutter. Puis on le mêle encore humide avec 150 gr. d'acide chlorhydrique étendu ($D = 1{,}09$), on porte la liqueur trouble à l'ébullition et l'on ajoute 390 gr. d'eau bouillante. Dans ces circonstances le sulfate d'acide ilménique est dissous, tandis que celui de l'acide niobique reste insoluble et peut être séparé par filtration. On précipite l'acide ilménique de sa dissolution par l'ammoniaque.

M. Hermann a fait une étude comparative des combinaisons du niobium et de l'ilménium. Je me bornerai à indiquer, d'après lui, les propriétés les plus essentielles qui établissent une différence entre ces deux corps.

1° La densité de l'acide niobique est de 5,00, celle de l'acide ilménique de 3,84.

2° L'hydrate ilménique se dissout à froid et rapidement dans l'acide chlorhydrique, tandis que l'acide niobique exige pour se dissoudre le concours de la chaleur. La dissolution de l'acide ilménique est d'un jaune d'or, celle de l'acide niobique est incolore.

3° Lorsqu'on a précipité ces acides à l'état de B-sulfates en ajoutant du sulfate de potasse à leur dissolution dans l'acide chlorhydrique, le sulfate ilménique est soluble dans l'acide chlorhydrique étendu, tandis que le sulfate niobique y demeure insoluble ; c'est sur cette propriété qu'est fondée la séparation de ces deux acides.

4° Au chalumeau, avec le sel de phosphore, l'acide

niobique donne une perle incolore au feu d'oxydation. Dans la flamme intérieure, le verre devient brun après une longue réduction ; si l'on y ajoute alors une nouvelle quantité d'acide niobique, on obtient une coloration violette, quelquefois bleue.

L'acide ilménique donne, au feu d'oxydation, un verre jaune à chaud, incolore à froid. Dans la flamme intérieure on obtient très-rapidement la coloration brune, mais jamais le violet ni le bleu.

D'ailleurs les poids atomiques des deux métaux différeraient très-peu l'un de l'autre. Ils seraient en effet 660 pour le niobium et 654,7 pour l'ilménium (105,6 et 104,75 si $O = 16$) en admettant pour leurs acides les formules Nb^2O^5 et Il^2O^5.

Ces différences, surtout celles relatives à la densité de ces deux acides, sont assez tranchées pour qu'il soit difficile de ne pas admettre qu'elles caractérisent des produits différents. Mais ne peuvent-elles pas s'expliquer par la présence de matières étrangères à l'acide niobique. Cette supposition me paraissait d'autant plus admissible que la méthode par laquelle M. Hermann sépare d'abord l'acide tantalique est fort imparfaite, puisqu'elle ne lui a permis de trouver que 25 °/₀ de cet acide dans la columbite de Bodenmais qui en renferme au moins 35, et qu'elle ne lui a pas permis de constater sa présence dans celle d'Amérique qui en contient de 10 à 15 °/₀. En outre, j'ai constaté dans les columbites de toutes les localités dont j'ai pu me procurer des échantillons la présence d'une petite quantité d'acide titanique. Enfin si l'on réfléchit à l'énorme proportion d'acide chlorhydrique qu'emploie M. Hermann dans sa méthode de séparation et à l'action que cet acide doit exercer sur les filtres et sur

les vases dans lesquels on le fait bouillir, on peut bien se demander si toutes ces causes ne peuvent pas expliquer la différence de densité que l'on observe entre l'acide métallique qui demeure sans se dissoudre et celui qui entre en dissolution, et la coloration jaune que présente cette dernière. En effet l'acide tantalique doit demeurer dans la partie insoluble et en augmenter la densité tandis que tous les autres oxydes métalliques doivent demeurer en dissolution et accompagner l'acide ilménique. On sait d'ailleurs qu'il suffit de filtrer de l'acide chlorhydrique, si le papier du filtre n'a pas été lavé préalablement avec cet acide, pour qu'il se colore en jaune par une trace de fer.

Mon but principal étant moins de m'assurer de la non-existence de l'acide ilménique, que de constater son absence dans l'acide niobique qui avait servi à l'étude que j'ai faite de ses propriétés, j'ai essayé d'abord le traitement indiqué par M. Hermann sur un acide retiré d'un fluoxyniobate de potasse purifié par de nombreuses cristallisations. La densité de cet acide était de 4,5; d'après M. Hermann un acide présentant cette densité devrait renfermer plus de la moitié de son poids d'acide ilménique.

J'ai suivi aussi exactement que possible les indications de M. Hermann, sauf une très-légère modification qui ne pouvait rien changer au résultat, mais qui en écartait une cause d'erreur. A la fin de l'opération, après avoir séparé de l'acide niobique par filtration l'acide ilménique dissous dans l'acide chlorhydrique, au lieu de le séparer par l'ammoniaque, je l'ai précipité par l'ébullition avec un excès de sulfate de potasse. On peut ainsi en perdre une trace, mais au moins on ne précipite pas avec lui les

oxydes métalliques qui peuvent provenir soit de la masse des réactifs employés, soit des filtres ou des vases.

J'ai répété deux fois cette expérience et dans les deux cas l'acide insoluble (niobique) et l'acide demeuré en dissolution (ilménique), ont présenté la même densité que l'acide primitif, les variations n'ayant été que de 4,47 à 4,52. Dans les deux cas la dissolution chlorhydrique a présenté une couleur jaune pâle, mais l'acide précipité de cette dissolution par le sulfate de potasse ayant été ramené à l'état d'hydrate, et redissous par l'ébullition avec une petite quantité d'acide chlorhydrique et addition d'eau, a produit une dissolution parfaitement incolore. Il n'a produit également aucune coloration jaune avec le sel de phosphore dans la flamme oxydante du chalumeau.

Bien que dans ces deux traitements j'aie également cherché à suivre les prescriptions de M. Hermann, il y a eu pourtant une légère différence dans les deux opérations. Dans la première, après avoir précipité ensemble les sulfates de la dissolution des acides dans l'acide chlorhydrique, j'avais laissé le précipité se rassembler complétement, en sorte qu'après avoir décanté la liqueur claire surnageante j'ai recueilli les sulfates sur un petit filtre et je n'ai versé que peu d'eau sur leur surface. Dans la seconde préparation, n'ayant pas attendu que la liqueur fût éclaircie pour jeter le tout sur le filtre, j'ai dû employer une plus grande quantité d'eau pour rassembler le dépôt au fond du filtre. De cette légère différence dans le traitement, il en est résulté une très-grande dans le résultat. Dans le premier cas en effet, la portion d'acide demeurée insoluble a été prépondérante, tandis que dans le second les $^4/_5$ au moins sont restés en disso-

lution. Il résulte de là, ce que du reste on pouvait prévoir, c'est que le rapport entre l'acide insoluble et l'acide soluble dépend uniquement de la proportion de sulfate de potasse ou d'acide sulfurique que le lavage a laissé dans l'acide métallique.

Je crois pouvoir conclure de là que l'acide niobique que j'ai employé dans mes recherches ne renfermait bien qu'un seul acide métallique, dont la densité normale est voisine de 4,5.

Ces expériences ayant été faites sur un acide extrait d'un sel purifié par cristallisation, je désirais les répéter sur l'acide niobique brut extrait des columbites. Mais la méthode de M. Hermann devient à peu près impraticable lorsqu'on essaie de l'employer pour des quantités un peu considérables. J'ai pensé qu'on devait arriver au même résultat par la précipitation successive, au moyen de l'acide sulfurique, de l'acide niobique dissous par l'acide chlorhydrique. On peut ainsi traiter de grandes quantités à la fois ; en effet, en faisant bouillir l'hydrate niobique avec un petit excès d'acide chlorhydrique concentré, décantant, après qu'il s'est éclairci, l'acide surnageant et le remplaçant par de l'eau, on peut obtenir une dissolution limpide très-concentrée. Mais j'ai rencontré un obstacle que je n'ai pu surmonter. Si l'on traite cette dissolution par une très-petite quantité d'acide sulfurique, elle se trouble, mais le précipité ne se dépose point et passe tout entier avec la liqueur au travers des filtres. Si la proportion d'acide sulfurique est plus grande, la liqueur prend une consistance gélatineuse et ne filtre plus en aucune façon.

Mais, si cette méthode des précipitations successives ne paraît pas pouvoir s'appliquer à une dissolution chlor-

hydrique d'acide niobique, elle réussit au contraire parfaitement avec sa dissolution fluorhydrique, et comme elle me paraissait éminemment propre à établir si l'acide niobique était associé dans les minéraux avec un autre acide métallique, j'ai soumis à ce traitement environ 200 gr. de fluoxyniobate de potasse. C'était un mélange de tous les sels que j'avais obtenus en traitant des columbites de Bodenmais, de Limoges, de Haddam et du Groënland. Une petite partie provenait aussi de tantalite et d'euxénite. Tous ces sels avaient été séparés par une première cristallisation du fluotantalate de potasse, mais ils n'avaient pas été purifiés par d'autres cristallisations.

Afin de pouvoir accélérer les lavages des précipités successifs, sans risquer pour cela d'y laisser de la potasse, j'ai adopté la marche suivante. Le fluoxyniobate de potasse a été décomposé par l'acide sulfurique, jusqu'à vaporisation de celui-ci, puis traité par l'eau bouillante et soumis à des lavages prolongés pour enlever toute la potasse. Puis je l'ai redissous par l'acide fluorhydrique; mais comme la présence d'acide sulfurique, que les lavages n'enlèvent qu'en partie, fait que la dissolution complète exigerait un très-grand excès d'acide fluorhydrique, je me suis borné à en dissoudre ainsi la plus grande partie, le reste a été séparé par filtration comme premier produit insoluble. J'ai ajouté à la dissolution acide un peu de sulfate d'ammoniaque, puis j'ai concentré par l'ébullition jusqu'à consistance sirupeuse et repris par l'eau bouillante. Un second produit insoluble a été recueilli sur un filtre. A la liqueur filtrée et aux eaux de lavage j'ai ajouté de nouveau du sulfate d'ammoniaque et concentré encore jusqu'à consistance sirupeuse. En reprenant encore par l'eau bouillante, j'ai eu un troisième

produit insoluble. J'ai continué ces opérations jusqu'au moment où une forte concentration n'a plus dégagé de vapeurs d'acide fluorhydrique, mais des vapeurs sulfuriques et où la matière n'a plus laissé de résidu insoluble par l'ébullition avec de l'eau. J'avais obtenu ainsi sept produits partiels.

La dissolution ne devait plus renfermer d'acide niobique, puisqu'elle ne contenait plus que du sulfate acide d'ammoniaque et qu'elle ne précipitait point par l'ébullition. En la saturant par l'ammoniaque elle a fourni cependant encore un précipité assez notable, à peine coloré d'une teinte jaunâtre. Comme il était à craindre qu'il ne renfermât quelques traces de fer ou peut-être d'autres oxydes, je l'ai recueilli sur un filtre et lavé, puis traité par l'acide sulfurique concentré et chauffé jusqu'à vaporisation de celui-ci. Après refroidissement le résidu s'est complétement redissous dans l'eau froide; la dissolution portée à l'ébullition a produit un abondant précipité blanc qui a été recueilli sur un filtre. La liqueur filtrée n'a donné par l'addition d'ammoniaque que quelques flocons d'oxyde de fer.

Voici les poids et les densités des huit portions d'acide ainsi obtenues :

	gr.	Densité.
1°	3,45	5,02
2°	5,23	4,75
3°	12,17	4,53
4°	10,62	4,42
5°	16,50	4,47
6°	17,25	4,56
7°	19,71	4,54
8°	1,16	4,37

Le n° 1 est le résidu qui n'avait pas été dissous par l'acide fluorhydrique, le n° 8 le précipité formé en dernier lieu par l'ammoniaque.

Le premier produit ayant été fondu avec du fluorure de potassium, redissous dans l'eau acidulée par l'acide fluorhydrique, et soumis à la cristallisation, il m'a été facile d'y constater la présence d'un peu d'acide tantalique. Toutefois la proportion en était trop faible pour expliquer entièrement l'excès de densité de ce produit. Mais ayant observé qu'il n'était pas d'une blancheur parfaite, j'y ai soupçonné la présence d'acide tungstique. Et, en effet, en le fondant avec du soufre et du carbonate de soude, et traitant par l'eau chaude, j'ai trouvé une petite quantité de cet acide, peut-être mélangé d'un peu d'acide stannique. La présence de ces acides n'est pas fort étonnante. Il est vrai que dans toutes mes préparations d'acide niobique, après avoir traité les minéraux avec le bisulfate de potasse, lavé le produit et redissous les acides métalliques par l'acide fluorhydrique, j'ai toujours fait passer dans la dissolution un courant d'hydrogène sulfuré, mais j'ai reconnu plus tard que la séparation de l'étain et du tungstène par ce procédé n'est pas toujours complète, un trop grand excès d'acide fluorhydrique empêchant la précipitation de ces métaux à l'état de sulfures. On voit d'ailleurs par là que ces acides à forte densité se concentrent dans ce premier résidu insoluble dans l'acide fluorhydrique et expliquent sa trop forte densité.

Le deuxième produit offre encore une densité trop élevée. Il était probable qu'elle résultait des mêmes causes. En effet, en le fondant avec du soufre et du carbonate de soude, j'en ai encore séparé un peu d'acide tungstique. L'acide ainsi purifié a présenté une densité de 4,58.

Fondu avec du fluorure de potassium, redissous et soumis à des cristallisations répétées, il a laissé séparer encore une petite quantité de fluotantalate. Le fluoxyniobate ainsi purifié a été décomposé par l'acide sulfurique; l'acide que j'en ai extrait a présenté une densité de 4,54.

L'acide précipité en dernier lieu par l'ammoniaque aurait dû ne plus contenir d'acide niobique, puisqu'il était resté entièrement dissous malgré une ébullition prolongée en présence du sulfate d'ammoniaque en excès, et qu'après avoir été précipité par l'ammoniaque et traité par l'acide sulfurique concentré, il s'était dissous ensuite complétement dans l'eau froide. Cependant sa densité est bien supérieure à celle de l'acide titanique. L'ayant fondu avec du fluorure de potassium, redissous et soumis à la cristallisation en séparant autant que possible les sels de différents solubilités, j'ai constaté que ce produit était encore en grande partie formé d'acide niobique contenant au plus le quart de son poids d'acide titanique.

J'avais déjà constaté dans d'autres occasions qu'il suffit d'une faible proportion d'acide titanique pour rendre l'acide niobique soluble après sa fusion avec les bisulfates alcalins.

Je crois pouvoir conclure de tous ces essais que l'acide niobique extrait des columbites est bien un acide unique, dont la densité est environ 4,5, et que les deux produits obtenus par M. Hermann et dont les densités seraient de 5 et de 3,8 résultent du mélange de cet acide avec des corps de plus forte ou de plus faible densité, principalement l'acide tantalique et l'acide titanique.

Cette conclusion est du reste parfaitement conforme à ce qu'a annoncé M. Blomstrand.

II. *Séparation de l'acide niobique et de l'acide tantalique.*

Deux méthodes différentes ont été proposées pour la séparation de l'acide niobique et de l'acide tantalique, l'une par H. Rose, l'autre par M. Hermann. Il me paraît inutile de les décrire et d'en discuter la valeur; l'une et l'autre, en effet, peuvent être appréciées par l'inexactitude des résultats auxquels elles ont conduit leurs auteurs. L'une et l'autre ont surtout l'immense inconvénient de fournir les corps qu'elles séparent à des états sous lesquels il est impossible de reconnaître si l'on a bien réellement de l'acide niobique ou de l'acide tantalique ou un mélange de ces deux acides.

La nouvelle méthode que j'ai employée est fondée sur la différence de solubilité du fluotantalate et du fluoxyniobate de potasse. En vertu du principe même sur lequel elle repose, elle ne peut conduire à une séparation analytique rigoureuse, mais elle m'a paru donner cependant des résultats assez approchés. Elle a surtout cet avantage que les composés ainsi séparés ont des caractères tellement tranchés qu'il est impossible de se méprendre sur leur nature et, jusqu'à un certain point, même sur leur pureté. Voici en effet les propriétés les plus saillantes de ces deux sels.

Le fluotantalate de potasse exige, pour se dissoudre, de 151 à 157 p. d'eau acidulée par l'acide fluorhydrique à la température ordinaire. L'eau pure le dissout, mais la dissolution se trouble au bout de peu de temps.

Le fluoxyniobate se dissout dans 12,5 à 13 p. d'eau froide.

L'un et l'autre sont beaucoup plus solubles dans

l'eau bouillante et cristallisent facilement par le refroidissement de leurs dissolutions.

Le fluotantalate forme de fines aiguilles, recueilli sur un filtre il se lave avec une grande facilité et laisse après expression et dessication une masse d'aiguilles incohérentes. Ne contenant point d'eau de cristallisation, il peut être séché à 100 degrés sans perdre de son poids. Il correspond à 55,35 p. 100 d'acide tantalique[1].

Le fluoxyniobate se dépose au contraire en lamelles minces et nacrées. Recueilli sur un filtre, lavé, exprimé et séché il se présente comme une masse nacrée, schisteuse, onctueuse au toucher.

Il n'y a aucune confusion possible entre ces deux produits.

La pureté du fluotantalate de potasse est d'ailleurs facile à constater. Lorsqu'on l'a recueilli sur un filtre et qu'on le lave pour enlever l'eau mère contenant le fluoxyniobate, on peut essayer de temps en temps l'eau de lavage en en mêlant une goutte avec une infusion de noix de galle. Le fluotantalate pur donne un précipité d'un jaune de soufre pâle, tandis que le fluoxyniobate donne lieu à un précipité d'un rouge de cinabre. Toutefois si l'on veut bien apprécier cette réaction, il ne faut juger de la couleur qu'après une heure ou deux ; ce n'est en effet qu'au bout d'un temps assez long que la coloration rouge prend toute son intensité.

Le fluoxyniobate de potasse lamellaire est le seul sel qui se forme en général dans cette méthode de séparation.

[1] Ce résultat est calculé d'après le poids atomique du tantale déterminé par H. Rose, et s'accorde assez bien avec mes analyses. Mais c'est un point sur lequel je me réserve de revenir dans un travail plus étendu sur les combinaisons de ce métal.

Il faut cependant se rappeler qu'en présence d'un excès d'acide fluorhydrique concentré, il pourrait se former du fluoniobate qui aurait la même forme cristalline et la même apparence aciculaire que le fluotantalate. Mais il n'est guère possible de se trouver accidentellement dans les conditions nécessaires pour sa formation. D'ailleurs ce sel se reconnaîtrait avec la plus grande facilité, car il se décompose en se dissolvant dans l'eau, et même par le simple lavage, et repasse à l'état de fluoxyniobate lamellaire.

Ayant appliqué cette méthode un grand nombre de fois, soit pour l'analyse des minéraux niobifères, soit pour la préparation des acides métalliques, je me suis arrêté au procédé suivant.

Je procède d'abord à l'analyse en suivant la méthode de H. Rose, de manière à obtenir et peser ensemble l'acide tantalique et l'acide niobique. Je remarque seulement au sujet de ce traitement que s'il convient, pour les analyses, d'attaquer les minéraux niobifères avec cinq ou six fois leur poids de bisulfate de potasse, quand on exécute des préparations sur une quantité de matière un peu considérable, on peut très-bien se contenter de trois parties de bisulfate, quitte à séparer ensuite par lévigation et attaquer de nouveau la portion, en général très-faible, qui a résisté à la première fusion. J'ai attaqué en une seule opération 350 gr. de niobite, avec 1 kilog. de bisulfate, dans une marmite en fonte, l'attaque a été presque totale et le vase fort peu altéré.

Lorsqu'on a obtenu le mélange d'acide niobique et d'acide tantalique, si l'on a dû le calciner pour en déterminer le poids, il faut le refondre avec du bisulfate de potasse, puis faire bouillir à plusieurs reprises avec de

l'eau pour enlever autant que possible l'acide sulfurique et redissoudre le résidu par l'acide fluorhydrique. On ajoute à cette dissolution bouillante du fluorhydrate de fluorure de potassium, mais il convient de n'en mettre d'abord qu'une petite quantité, par exemple 0gr,25 par gramme d'acide métallique traité. Si la dissolution ne donne pas de cristaux par refroidissement on devra la concentrer par l'ébullition jusqu'à ce qu'elle n'occupe plus qu'un volume de 7 centimètres cubes environ par gramme d'acide[1], par refroidissement on obtiendra le fluotantalate de potasse, si le mélange renferme de l'acide tantalique. Ce sel est recueilli sur un filtre taré, lavé jusqu'à ce que les eaux de lavage ne donnent plus avec l'infusion de noix de galle de précipité de couleur orangée, puis séché à 100 degrés.

On continue à opérer de la même manière sur la liqueur filtrée réunie aux eaux de lavage, en y ajoutant une nouvelle quantité de fluorure de potassium. On s'aperçoit facilement du moment où les cristaux aciculaires de fluotantalate se mélangent de cristaux lamellaires de fluoxyniobate et l'on redissout ceux-ci par l'addition d'un peu d'eau avant de recueillir le fluotantalate sur un filtre.

Dans le cas où l'on opère sur un mélange pesé d'acide niobique et d'acide tantalique, on peut se borner à recueillir le fluotantalate de potasse pour en déduire le poids de l'acide tantalique; celui de l'acide niobique en résulte par différence.

Lorsqu'on traite un mélange dont le poids n'a pas été préalablement déterminé, on peut faire passer tout l'acide

[1] 0gr,25 de fluorhydrate de fluorure de potassium ne peuvent produire que 0,48 de fluoxyniobate de potasse, qui exigent seulement 6gr,25 d'eau pour demeurer en dissolution à froid.

niobique à l'état de fluoxyniobate lamellaire et le recueillir à cet état. Mais il est bien difficile alors de n'en pas perdre une quantité notable, soit dans les eaux-mères chargées de fluorure de potassium en excès qui restent à la fin des cristallisations, soit dans celles qui imprègnent les filtres où l'on a recueilli ce sel lamellaire. Il vaut mieux dans ce cas, après avoir séparé aussi exactement que possible le fluotantalate, décomposer la dissolution en l'évaporant avec de l'acide sulfurique et traiter par l'eau pour séparer l'acide niobique.

La méthode que je viens de décrire est surtout convenable quand on peut l'appliquer à une quantité de matière un peu considérable. Cependant je l'ai essayée comparativement, par l'analyse de la columbite de Limoges, en opérant successivement sur 60 gr. et sur 2 et j'ai obtenu dans le second cas un résultat qui s'éloigne moins que je ne l'aurais cru de celui, probablement bien plus exact, que m'avait donné la première analyse. J'avais eu, en effet, dans le premier essai 13,8 p. 100 d'acide tantalique et dans le second 12,2.

J'ai signalé dans mon premier mémoire l'association avec l'acide niobique d'une petite quantité d'un autre acide métallique dont la nature m'était demeurée inconnue. Je l'ai retrouvé depuis dans tous les minéraux niobifères que j'ai pu me procurer, mais je l'ai reconnu maintenant pour de l'acide titanique. L'isomorphisme de son fluosel de potasse avec le fluoxyniobate, et la difficulté que j'avais rencontrée à séparer cet acide à l'état insoluble après sa fusion avec le bisulfate de potasse, m'avaient dès l'abord fait supposer que telle devait être sa nature. Mais une inadvertance singulière m'avait fait repousser cette hypothèse comme inadmissible.

La présence de cet acide s'étant manifestée par la moindre solubilité dans l'eau de son fluosel, et ayant constaté que celui-ci exigeait au moins 60 fois son poids d'eau, j'ai aussitôt cherché si cette faible solubilité pouvait s'accorder avec l'hypothèse d'un fluotitanate de potasse. Mais par une singulière confusion j'ai pris dans mes notes le chiffre de la solubilité du fluoxytungstate de potasse qui est soluble dans 17 p. d'eau. En présence d'une pareille différence je ne pouvais admettre l'identité de ces deux sels. Lorsque plus tard j'ai réuni toutes les fractions de ce sel peu soluble obtenues dans tous mes traitements de columbite, et que je l'ai soumis à divers essais, j'ai observé que ses caractères s'accordaient toujours plus avec ceux du fluotitanate de potasse. J'ai voulu alors vérifier de nouveau ce seul point qui m'avait paru établir entre eux une différence absolue et j'ai alors reconnu mon erreur, le fluotitanate de potasse pur exige 78 parties d'eau pour se dissoudre à 20 degrés[1]; c'est aussi à ce chiffre que s'est arrêtée la solubilité du fluosel extrait des columbites lorsque j'en ai eu assez pour le purifier complétement du fluoxyniobate avec lequel il était mélangé. Son analyse a confirmé aussi cette identité.

Ainsi dans toutes les columbites on trouve une quantité d'acide titanique suffisante pour que sa présence puisse être constatée par la moindre solubilité du fluotitanate de potasse. Mais il me serait impossible d'indi-

[1] La solubilité de ce sel diminue rapidement avec la température, ainsi je l'ai trouvée de :

1	:	78	à	20° C.
1	:	96	à	14
1	·	110	à	10
1	:	129	à	6
1	:	150	à	3
1	:	177	à	0

quer approximativement dans quelle proportion il peut y entrer. Car je ne connais aucune méthode qui permette de séparer l'acide titanique de l'acide niobique même en se bornant à une approximation éloignée. Tout ce que je puis dire c'est que la proportion de fluotitanate que j'ai pu extraire ainsi du fluoxyniobate pouvait s'élever à un ou deux centièmes du poids de ce dernier.

L'association constante de l'acide titanique et de l'acide stannique à l'acide niobique et à l'acide tantalique sera sans doute considérée comme un argument d'une certaine valeur pour attribuer à tous ces acides une même constitution atomique. Je ne crois pas cependant que ce fait ait une grande importance. Voici, en effet, une observation qui me porte à croire que cette association est purement accidentelle et que ces deux groupes d'acides ne se remplacent point réciproquement.

Dans une opération où je traitais 170 gr. de columbite de Haddam provenant de fragments de gros cristaux fort irisés, mais qui paraissaient très-purs et n'étaient mélangés d'aucune gangue, j'ai obtenu, par lévigation, après trois attaques successives au bisulfate de potasse, un résidu grisâtre, pesant 11^{gr},13, principalement formé d'une matière grenue, très-dure, un peu vitreuse, dont la densité s'élevait à 6,75. L'ayant fondu avec du soufre et du carbonate de soude, j'en ai retiré 8^{gr},2 d'acide stannique, le reste était un mélange d'acide niobique, d'acide tantalique et d'acide titanique. Il me paraît résulter de là que, dans ce minéral, l'acide stannique n'est probablement point réparti uniformément dans la masse et dans un état de combinaison, mais bien disséminé à l'état de mélange. S'il en est ainsi dans cette variété, on peut bien supposer aussi que dans toutes les columbites l'acide

stannique et l'acide titanique ne font point partie de la composition de ce minéral.

Un fait à l'appui de cette hypothèse, c'est que la columbite du Groënland, qui est bien certainement le type le mieux cristallisé et le plus pur de ce minéral, est la seule dans laquelle la proportion d'acide titanique soit assez faible pour que je n'aie pu réussir à en séparer à l'état de fluotitanate de potasse, bien que les variations observées dans l'analyse du fluoxyniobate préparé avec ce minéral rendent sa présence probable.

III. *Analyse de quelques minéraux niobifères.*

Je passe maintenant à l'indication des résultats que j'ai obtenus par le traitement de quelques minéraux niobifères. Je dois bien faire observer que je n'ai point eu pour but de refaire l'analyse complète de ces minéraux dont la composition est suffisamment connue par des analyses antérieures très-nombreuses et suffisamment concordantes. Tous ces traitements ont eu pour objet principal la préparation de l'acide niobique et de l'acide tantalique pour les soumettre à des études ultérieures, et accessoirement j'ai cherché à déterminer aussi approximativement que possible les proportions dans lesquelles ils se trouvent associés. Je me bornerai même à indiquer la proportion d'acide tantalique ; en effet, dans la plupart des cas je n'ai pas cherché à obtenir et à peser la totalité du fluoxyniobate de potasse, mais plutôt à le soumettre à des cristallisations répétées pour m'assurer si quelque autre sel ne s'y trouvait point mélangé. Je n'ai jamais pu y découvrir qu'un peu de fluotitanate, mais j'en ai trouvé dans toutes les variétés analysées :

Columbite et tantalite.

		Densité.	Acide tantalique.
1.	Columbite du Groënland	5,36	3,3
2.	C. de Acworth (New-Hampshire). .	5,65	15,8
3.	C. de La Vilate, près Limoges . . .	5,70	13,8
4.	C. de Bodenmais (Dianite)	5,74	13,4
5.	C. de Haddam (Connecticut)	5,85	10,0 ?
6.	C. de Bodenmais.	5,92	27,1
7.	C. de Haddam	6,05	30,4
8.	C. de Bodenmais.	6,06	35,4
9.	C. de Haddam	6,13	31,5
10.	Tantalite	7,03	65,6

Je dois à l'obligeance de M. de Kobell d'avoir pu analyser une variété de columbite de Bodenmais (n° 4), en cristaux aplatis à poussière brunâtre, d'une densité inférieure à celle des cristaux ordinaires de cette localité. C'est à cette variété qu'il a donné le nom de dianite, parce que l'acide métallique que l'on en extrait présente la propriété, qu'il avait signalée comme caractéristique de l'acide dianique, de se dissoudre complétement en une liqueur bleue au contact de l'étain et de l'acide chlorhydrique concentré. On voit, par son analyse, que cette propriété est bien loin de caractériser un acide complétement privé d'acide tantalique; elle indique seulement que la proportion de cet acide ne dépasse pas une certaine limite.

Je dois aussi à la générosité de ce même savant, ainsi qu'à celle de M. Woehler, d'avoir pu examiner des échantillons parfaitement authentiques (n°s 8 et 6) et d'un poids assez considérable de la columbite de Bodenmais à forte densité, qu'il est très-difficile maintenant de se procurer.

Je dois remercier aussi M. Des Cloizeaux pour le don d'une quantité importante de columbite de Limoges.

Après avoir terminé mes analyses de columbites, je tenais essentiellement à constater l'identité de l'acide que j'avais séparé de l'acide niobique avec un acide tantalique d'une origine authentique. MM. Plantamour et Delafontaine ont bien voulu me céder dans ce but quelques échantillons de tantalite qu'ils avaient reçus de Suède. J'ai pu m'assurer ainsi que je n'avais pas fait erreur sur la nature de l'acide qui accompagne l'acide niobique. J'ai en même temps constaté le fait, déjà signalé du reste par M. Hermann et par M. Blomstrand, que l'acide niobique existe dans les tantalites comme l'acide tantalique dans les columbites. L'analyse complète de ce minéral m'a donné :

Acide tantalique.	65,60
Acide niobique (titanifère). .	10,88
Acide stannique.	6,10
Protoxyde de fer	8,95
Protoxyde de manganèse. . .	6,61
	98,14

L'examen du tableau comparatif de la densité des columbites et de leur richesse en acide tantalique montre bien l'influence de ce dernier pour augmenter la densité de ces minéraux. Cependant cet accroissement ne paraît point régulier. Ces irrégularités peuvent, je crois, s'expliquer :

1° Par l'imperfection de la méthode employée pour la séparation de l'acide tantalique, d'où il résulte que la détermination de cet acide n'est qu'approximative. Je dois en particulier remarquer que la variété (n° 5) de Haddam, qui offre dans cette série la plus grande discordance, est la première dont le traitement m'ait fait reconnaître la présence de l'acide tantalique que je n'y soupçonnais

nullement. Mes expériences n'ayant donc point été dirigées dès l'abord dans le but de le séparer, il est fort probable que j'ai été loin de l'obtenir en totalité. C'est pour la même raison que dans mes premiers traitements de la columbite du Groënland je ne m'étais pas aperçu de la présence de l'acide tantalique qui était probablement resté à l'état de fluotantalate avec le fluosilicate provenant d'une petite quantité de gangue.

2° La présence d'une quantité variable d'acide stannique peut aussi apporter une notable perturbation dans la densité normale de ces minéraux. C'est peut-être pour cette raison que les columbites de Haddam, qui renferment souvent une assez forte proportion de cet acide, présentent en général, à densité égale, une richesse moindre en acide tantalique que celles de Bavière.

Enfin, ces résultats établissent d'une manière indubitable l'isomorphisme et l'identité de constitution de l'acide niobique et de l'acide tantalique, et expliquent pourquoi, dans toutes les analyses qui ont été faites de columbites, la proportion de l'acide métallique croit assez régulièrement avec la densité.

Si l'on admet la constitution que j'ai proposée pour l'acide niobique et pour l'acide tantalique, savoir Nb^2O^5 et Ta^2O^5, les columbites et les tantalites seront tous également représentés par la formule générale :

$$\left.\begin{matrix} FeO \\ MnO \end{matrix}\right\} , \left\{\begin{matrix} Nb^2O^5 \\ Ta^2O^5 \end{matrix}\right.$$

et les limites extrêmes de leur composition seront :

Tantalite.			*Niobite.*		
Ta^2O^5	424	85,5	Nb^2O^5	268	78,8
Fe O	72	14,5	Fe O	72	21,2
	496	100		340	100

Or ces nombres s'accordent parfaitement avec l'observation. En effet, les analyses des tantalites ont toujours donné une proportion d'acide variant de 83 à 85,8 pour les variétés pures, et celles des niobites du Groënland ont donné 76 à 78 d'acide métallique. Toutes les autres variétés présentent des nombres intermédiaires dépendant des proportions relatives d'acide tantalique et d'acide niobique.

Wolfram.

M. le professeur Woehler a eu la bonté de me remettre un résidu, pesant une douzaine de grammes, obtenu dans son laboratoire, par le traitement d'une quantité assez considérable de wolfram de Zinnwald et de Schlackenwald, et qu'il avait reconnu comme principalement formé d'acide niobique ou d'un acide analogue.

Un essai préliminaire par calcination, puis fusion avec du fluorure de potassium et traitement par l'acide sulfurique m'a appris qu'il renfermait :

Perte au feu (eau et acide sulfurique).	18,2
Acides métalliques.	42,4
Silice, par différence	29,4
	100

Il n'y avait point d'oxyde métallique précipitable par l'ammoniaque ou par la potasse dans la dissolution sulfurique. Je n'ai pas recherché la présence des alcalis, l'examen des acides métalliques ayant seul de l'intérêt.

Pour déterminer leur nature, j'ai converti la totalité des acides métalliques extraits de ce produit en fluosels de potasse, et par des concentrations successives j'ai constaté la présence du fluotantalate et du fluoxyniobate de potasse.

D'après les proportions obtenues de ces trois sels, la composition de ce mélange d'acides était :

Acide tantalique. . . .	17,3
Acide titanique	5,4
Acide niobique	76,3
	99

Mais il est probable que l'acide niobique était encore mélangé d'acide titanique.

Euxénite.

C'est encore à MM. Plantamour et Delafontaine que je dois d'avoir pu examiner la nature des acides de l'euxénite de Norwége.

Dans un premier essai, entrepris sur 25 gr. de matière, en suivant d'ailleurs la même méthode que pour les columbites, j'ai constaté la formation de fluoxyniobate et de fluotitanate de potasse, mais je n'ai pu séparer par cristallisation directe aucune trace de fluotantalate. On conçoit du reste qu'en présence d'une grande quantité d'un sel aussi peu soluble que le fluotitanate, une faible proportion de fluotantalate ne peut être reconnue. Mais cependant ce sel existe dans ce mélange; on en a la preuve, parce que chaque fois que l'on redissout ces sels pour de nouvelles cristallisations, leur dissolution se trouble si l'on n'y ajoute pas d'acide fluorhydrique. Ayant répété plusieurs fois ces opérations et séparé chaque fois par filtration le faible résidu insoluble, j'ai pu constater, en redissolvant ces résidus par l'acide fluorhydrique et y ajoutant un peu de fluorure de potassium, la formation de cristaux aciculaires de fluotantalate. Mais il ne serait guère possible d'estimer ainsi approximativement la proportion d'acide tantalique ; je la crois très-faible.

Des doutes ont été émis sur l'identité de l'acide de l'euxénite avec l'acide niobique. M. Blomstrand a déjà constaté qu'ils ne présentaient aucune différence. Je puis confirmer entièrement cette assertion. Le fluoxyniobate préparé avec ce minéral ne m'a offert aucune différence qui pût le faire distinguer du sel ordinaire, et l'acide que j'en ai extrait avait une densité de 4,44. Les doutes qui se sont élevés parfois sur la nature de cet acide me semblent uniquement dus à l'imperfection des méthodes connues pour la séparation de l'acide niobique et de l'acide titanique. Ce fait explique pourquoi M. Nordenskjold a trouvé une densité de 4,18 à 4,33 à l'acide extrait de ce minéral.

Quatre analyses connues de l'euxénite donnent des résultats assez constants pour la proportion totale des acides métalliques, mais très-variables pour leurs proportions relatives, en voici en effet les résultats :

	Scheerer.		Strecker.	Forbes et Dahl.
	I	II	III	IV
Acide niobique . . .	49,66	»	37,16	38,58
Acide titanique . . .	7,94	»	16,26	14,36
	57,60	53,64	53,42	52,94

D'après M. Scheerer, dans la seconde variété, la proportion d'acide titanique serait prédominante.

Les nombreux essais que j'ai faits sur la séparation de l'acide niobique et de l'acide titanique par les méthodes usitées me les font regarder comme tellement inexactes que je crois que l'on ne peut conclure des résultats précédents, ni si les proportions relatives de ces deux acides dans l'euxénite sont réellement variables, ni

quelles sont ces proportions même d'une manière approximative.

J'ai voulu essayer, dans une nouvelle expérience, de déterminer approximativement par la séparation des fluosels de potasse les proportions des deux acides. Cette séparation exige des opérations excessivement longues et multipliées et ne peut approcher que de loin de la vérité; je la crois cependant encore plus sûre que tout autre méthode.

J'ai d'abord trouvé dans le minéral 2,66 % d'eau et 52,23 % d'acides métalliques. J'avais obtenu 2gr,238 d'acides métalliques que j'ai fondus avec du fluorure de potassium et soumis à des cristallisations répétées. Il me serait impossible de décrire toutes les opérations nécessaires pour arriver à grouper suivant leur solubilité tous les produits de ces cristallisations, mais voici les résultats définitifs de ces opérations :

A) Eau mère chargée de fluorure de potassium en excès. Traitée par l'acide sulfurique, évaporée à sec, etc., elle a fourni 0,393 d'un acide qui devait être essentiellement formé d'acide niobique.

B) Dissolution d'un fluosel à peu près pur, retenant à froid $^1/_{14}$ de sel en dissolution, ce qui est à peu près la solubilité du fluoxyniobate.

Evaporée à siccité elle a laissé un résidu pesant, après dessication à 150 degrés, 0,989.

Ce résidu décomposé par l'acide sulfurique a laissé 0,454 d'acide, soit 45,9 %.

Le fluoxyniobate aurait donné 47,35 % d'acide niobique, le fluotitanate 33,61 % d'acide titanique. On voit par là que ce résidu était principalement composé de fluoxyniobate. On pourrait, à la rigueur, calculer d'après

les résultats précédents les proportions relatives des deux sels, mais on s'exposerait à une erreur, en effet cette seconde dissolution devait nécessairement renfermer encore une petite quantité de fluorure de potassium en excès qui a causé en grande partie l'infériorité de la proportion d'acide obtenue sur celle qu'aurait dû donner du fluoxyniobate pur. Je crois donc qu'il est plus exact de ne considérer ce second produit que comme de l'acide niobique titanifère.

Les cristaux séparés de la dissolution précédente, redissous dans une assez grande quantité d'eau bouillante ont fourni deux nouveaux produits par cristallisation :

C) Eau mère, retenant à froid $^1/_{77}$ de sel dissous. Evaporée à siccité elle a fourni un résidu pesant, après dessication à 150°, 1gr,116 et qui a fourni 0,448 d'acide, soit 40,14 %.

Comme ce fluosel devait être un mélange de fluoxyniobate et de fluotitanate de potasse parfaitement purs, il est facile de calculer d'après ce résultat sa composition. On trouve :

Fluoxyniobate . . .	0,531	=	Acide niobique . . .	0,251
Fluotitanate.	0,585	=	Acide titanique . . .	0,197
	1,116			0,448

D) Enfin le sel cristallisé dans cette dernière dissolution. Sa solubilité étant assez exactement celle du fluotitanate de potasse, on peut le considérer comme tel. Il pesait, après dessication à 150°, 2gr,320 ce qui correspond à 0,780 d'acide titanique. Une portion de ce sel, analysée, m'a donné 33,20 % d'acide ce qui correspond bien à la proportion calculée.

Ainsi en résumé nous avons obtenu sur 2^{gr},238 d'acides :

A) Acide niobique titanifère . .	0,393	1,098	=	49,1 %
B) » » » . . .	0,454			
C) Acide niobique	0,251			
— Acide titanique	0,197	0,977	=	43,7
D) » »	0,780			
		2,075	=	92,8

On voit par la perte considérable qui a eu lieu combien cette méthode est encore imparfaite.

Ces résultats sembleraient indiquer que les deux acides de l'euxénite seraient dans le rapport de

$$Nb^2O^5 = 268 \ : \ 3\,TiO^2 = 243.$$

REMARQUES

A L'OCCASION D'UNE NOTE DE M. CLAUSIUS

SUR

LA DÉTERMINATION DE LA DISGRÉGATION D'UN CORPS

ET LA

VRAIE CAPACITÉ CALORIFIQUE

PAR

M. le Comte Paul de SAINT-ROBERT

Dans une Note lue à la Société helvétique des Sciences naturelles à Genève, le 22 août 1865, et publiée dans le numéro d'octobre 1865 des *Archives des Sciences physiques, t. XXIV, p. 117*, M. Clausius m'a fait l'honneur de s'occuper de l'ouvrage que j'ai publié sous le titre de *Principes de Thermodynamique*[1], et de me proposer des objections.

M. W. J. Macquorn Rankine, à qui ces objections s'adressent presque autant qu'à moi, vient d'y répondre dans le numéro de décembre du *Philosophical Magazine*[2]; mais comme je ne partage pas tout à fait la manière de voir de ce savant, je demande la permission de présenter quelques remarques sur ce sujet.

M. Clausius nomme disgrégation d'un corps l'intégrale du quotient de la quantité de chaleur transformée en travail intérieur et en travail extérieur, pendant un chan-

[1] On trouvera dans le *Bulletin scientifique* de ce numéro une analyse de l'ouvrage de M. le comte de Saint-Robert. (*Réd.*)

[2] Voyez plus bas, page 41.

gement infiniment petit, divisée par la température absolue. En désignant par Z cette disgrégation, par I le travail intérieur, par p la pression, par v le volume spécifique du corps, par t la température absolue, par A l'équivalent calorifique du travail, il arrive à l'équation

$$(4) \qquad dZ = \frac{A}{t}\frac{dI}{dt}\,dt + A\,\frac{dp}{dt}\,dv$$

dont l'intégrale est

$$(5) \quad Z = Z_0 + A\int_{t_0}^{t}\left(\frac{1}{t}\cdot\frac{dI}{dt}\right)_{v=v_0} dt + A\int_{v_0}^{v}\frac{dp}{dt}\,dv$$

D'autre part M. Rankine a désigné par F une quantité définie par l'équation

$$(6) \qquad F = \int\frac{dp}{dt}\,dv$$

J'ai, en passant, avancé dans mon ouvrage, p. 89, que la quantité F de M. Rankine est identique avec la quantité $\frac{Z}{A}$ de M. Clausius, ce que ce dernier savant n'admet point.

Je ferai, tout d'abord, observer que F n'est pas identique avec l'intégrale

$$\int_{v_0}^{v}\frac{dp}{dt}\,dv$$

qui figure dans le second membre de l'équation (5), par la raison que dans la valeur de F, il faut poser en même temps $t = t_0$ et $v = v_0$ au commencement de l'intégrale, c'est-à-dire que, si l'on désigne par $f\,(t, v)$ l'intégrale indéfinie

$$\int\frac{dp}{dt}\,dv,$$

on a, pour la valeur de F,

$$F - F_0 = f(t, v) - f(t_0, v_0);$$

tandis qu'on a pour la fonction considérée par M. Clausius

$$\int_{v_0}^{v} \frac{dp}{dt}\, dv = f(t, v) - f(t, v_0);$$

ce qui constitue une différence entre les deux fonctions.

Ainsi la différence entre la quantité F et la quantité $\frac{Z}{A}$ ne se réduit pas uniquement à la quantité

$$A \int_{t_0}^{t} \left(\frac{1}{t} \cdot \frac{dI}{dt}\right)_{v=v_0} dt,$$

comme le dit M. Clausius.

Toutefois, ayant examiné de plus près la question, j'admets avec M. Clausius que les deux quantités F et $\frac{Z}{A}$ diffèrent en général l'une de l'autre.

Mais la cause qui me les a fait juger par mégarde identiques, n'est pas celle que M. Clausius indique.

Nulle part je n'ai dit dans mon ouvrage, et je n'ai jamais pensé, que tous les corps puissent, *à chaque température,* se réduire en gaz parfait, au moyen d'une augmentation de volume ; ce que j'ai supposé, c'est que tous les corps convergent, à mesure que la température augmente, vers l'état de gaz parfait. J'ai insisté sur cette idée à l'article 9 de l'Introduction, et je l'ai répétée dans le cours de l'ouvrage.

En combinant le principe de Mayer de l'équivalence avec le principe dit de Carnot, je suis tombé sur l'équation aux différentielles partielles

$$\frac{d\varphi}{dv} = A\,\frac{dp}{dt},$$

φ et p étant des fonctions des deux variables indépendantes v et t. En l'intégrant, on obtient

$$\varphi = A\int\frac{dp}{dt}\,dv + F(t)$$

où F (t) désigne une fonction arbitraire de la seule variable t, qui doit être déterminée d'une manière conforme aux conditions du problème dont elle découle. Pour la déterminer, j'ai supposé qu'elle était égale à la valeur extrême qu'elle acquiert à la limite où le corps est réduit, par la chaleur, à l'état de gaz parfait. J'ai trouvé de cette manière

$$F(t) = c\ log t + \text{const.}$$

c étant la chaleur spécifique à volume constant du corps réduit à l'état de gaz.

Sans doute la valeur de F (t) doit converger vers cette limite à mesure que la température s'élève, et doit lui être égale pour des valeurs assez grandes de t; mais elle peut en différer pour des valeurs moindres de t.

Pour être exact, on doit poser

$$F(t) = f(t) + c\ log t + \text{const.}$$

f (t) désignant une fonction de t qui converge vers zéro, à mesure que t augmente.

Cela posé, on obtient, pour l'expression de la chaleur spécifique à volume constant,

$$N = At\int\frac{d^2p}{dt^2}\,dv + tf^1(t) + c.$$

Les deux premiers termes expriment la chaleur qui est consommée en travail intérieur, pendant que le corps augmente de température, sans varier de volume, ou, en

d'autres termes, la différence entre la chaleur spécifique apparente à volume constant et la vraie chaleur spécifique.

M. Rankine suppose implicitement dans ses ouvrages, de même que je l'avais supposé moi-même, qu'on a toujours

$$f(t) = o.$$

Dès lors il est obligé d'admettre qu'à chaque changement d'état d'un corps correspond un changement, quelquefois considérable, dans la chaleur spécifique vraie. En effet, la chaleur spécifique vraie de M. Rankine est exprimée, selon moi, par les deux termes :

$$tf^1(t) + c,$$

et il paraît que le terme $tf^1(t)$, à peu près constant pour un même état d'agrégation du corps, subit un changement considérable au moment où le corps passe d'un état à un autre.

M. Clausius au contraire soutient que la chaleur spécifique vraie d'un corps doit être la même dans tous ses états d'agrégation.

En cela je partage complétement l'avis de ce savant. Je reconnais la nécessité d'ajouter à l'expression que j'ai donnée de la fonction arbitraire, qui entre dans la fonction thermodynamique, un terme $f(t)$ qui doit s'évanouir pour des valeurs assez grandes de la température t.

D'après cela la fonction thermodynamique sera exprimée par

$$\varphi = c \log t + f(t) + A \int \frac{dp}{dt} dv,$$

et la chaleur à communiquer à un corps pour le faire

passer de l'état (v,t) à l'état infinement proche $(v+dv, t+dt)$ sera exprimée par

$$dQ = c\,dt + tf^1(t)\,dt + A\,t\frac{dp}{dt}\,dv + A\,t\,dt\int\frac{d^2p}{dt^2}\,dv.$$

La quanité Q de chaleur transmise se décomposera dans ses diverses parties ainsi qu'il suit : accroissement de la chaleur interne

$$H - H_0 = c\,(t - t_0) :$$

accroissement du travail intérieur :

$$I - I_0 = \frac{1}{A}\int_{t_0}^{t} tf^1(t)\,dt = \int_{v_0}^{v}\left(t\frac{dp}{dt} - p\right)dv ;$$

accroissement du travail extérieur :

$$T - T_0 = \int_{v_0}^{v} p\,dv.$$

Je dois faire remarquer que l'omission de la fonction $f(t)$ dans mon ouvrage sur la Thermodynamique n'altère en rien les résultats auxquels je suis parvenu relativement aux gaz et aux vapeurs, parce que dans les premiers cette fonction est nulle, et dans les seconds la fonction $f(t)$ est comprise implicitement dans la valeur de C qui est donnée expérimentalement.

Qu'il me soit encore permis de faire une remarque au sujet d'une difficulté élevée par M. Clausius sur la manière dont j'établis la constance de la capacité calorifique d'un corps dans mes *Principes de Thermodynamique*. Peut-être me suis-je mal exprimé, mais je ne me fonde pas seulement pour l'établir sur les mots cités par M. Clausius : « La température t étant la manifestation

extérieure de la chaleur H contenue dans un corps sous sa forme originaire de chaleur, il s'ensuit que toutes les fois qu'un corps a la même température, il doit avoir la même quantité de chaleur interne. » Ces mots sont là seulement pour établir que la quantité de chaleur absorbée par un corps, pendant que son volume augmente de dv, est la même qu'il soit maintenu à une température constante ou qu'il soit maintenu à une chaleur intérieure constante. La constance de la chaleur spécifique vraie est démontrée par moi, en égalant les deux valeurs qu'on obtient pour M en prenant pour variables indépendantes soit v et t, soit v et H.

En résumé, je me range à l'opinion de M. Clausius sur la non-identité de sa disgrégation Z et de la fonction :

$$A \int \frac{dp}{dt}\, dv.$$

Ces deux quantités diffèrent entre elles d'une fonction de la seule variable t, fonction qui converge vers zéro à mesure que t augmente, et qui varie d'un état à un autre du même corps, tout en se conservant à peu près constante, tant que le corps ne change point d'état.

A mon avis, la divergence entre M. Clausius et M. Rankine, touchant la constance ou non de la capacité calorifique vraie, dépend de ce que M. Rankine suppose, comme je l'ai fait dans mon ouvrage, que la fonction arbitraire F (t) soit la même pour tous les états d'un corps.

En finissant, je dois remercier M. Clausius des objections qu'il a bien voulu me faire. Dans l'état actuel de la nouvelle théorie mécanique de la chaleur, on ne peut assurément dire qu'il n'y reste aucune ombre. Une discus-

sion, maintenue sur le terrain élevé de la science, ne peut qu'y faire pénétrer la lumière, car

Du choc des sentiments et des opinions
La vérité jaillit et s'échappe en rayons.

Turin, 3 décembre 1865.

Addition du Rédacteur.

Les remarques que l'on vient de lire font allusion à une publication de M. Macquorn Rankine[1], provoquée également par le mémoire de M. Clausius que nous avons inséré précédemment. Voici la traduction des passages qui nous ont paru les plus intéressants et qui terminent la note de M. Rankine:

« ..... J'admets que M. le professeur Clausius a raison dans ces assertions et que, en donnant à F la valeur déduite de l'équation (3) $F = \int \frac{dp}{dz} dv$, je n'ai pas supposé l'existence de substances qui à une température quelconque ne sont pas susceptibles de passer à l'état de gaz parfait.

« Est-ce qu'il peut exister de telles substances ? c'est là une question que l'expérience seule peut trancher. Je ne puis cependant partager l'opinion de M. Clausius sur la difficulté de concevoir que des substances telles que le fer puissent passer à l'état gazeux parfait à de basses températures. Le fer, le cuivre, l'étain, le zinc et le plomb

[1] On thermodynamic and metamorphic functions, disgregation and real specific heat. *Philosophical Magazine*, décembre 1865.

à de basses températures ont une odeur qui permet de les reconnaître ; par conséquent, ils existent à l'état gazeux à de basses températures ; pourquoi cet état gazeux ne pourrait-il être parfait ? Et si ces métaux peuvent exister à l'état gazeux parfait à de basses températures, pourquoi les autres corps solides ne posséderaient-ils pas la même propriété quoiqu'ils ne répandent pas d'odeur.

« M. Clausius ne partage pas l'opinion que j'ai énoncée, qui consiste à admettre que la chaleur spécifique vraie d'une même substance peut être différente dans les trois états d'agrégation solide, liquide ou gazeux. Il attribue à un travail intérieur les différences de chaleur spécifique à volume constant que l'on observe pour une même substance suivant qu'elle présente un de ces trois états.

« J'admets qu'il soit difficile de concevoir comment un changement d'état d'agrégation peut altérer la chaleur spécifique vraie. Mais il est aussi difficile de concevoir comment l'élévation de température de l'eau liquide, par exemple, peut être accompagnée d'un travail intérieur capable d'expliquer l'excès de la chaleur spécifique de l'eau à volume constant sur celle de la vapeur d'eau ou de la glace ; ces trois quantités sont approximativement les suivantes :

Chaleur	spécifique	à volume	constant	de la glace,	environ	0,5
»	»	»	»	de l'eau liquide,	»	1,0
»	»	»	»	de la vapeur d'eau,	»	0,37

« Il me semble que la difficulté est diminuée, sinon écartée, par la supposition que dans certains cas la même substance à différents états d'agrégation, n'est pas identique, mais *isomérique*, et peut ainsi avoir une chaleur

spécifique vraie différente. Ainsi, l'on peut supposer qu'un atome de glace ou de vapeur est composé de deux atomes d'eau liquide; exactement comme l'on présume qu'un atome d'ozone consiste en deux atomes d'oxygène ordinaire. Par suite un changement de chaleur spécifique deviendrait naturel.

« Je ne prétends pas toutefois donner cette hypothèse autrement que comme une simple conjecture, et je me borne pour le moment à considérer comme certain le fait que le *minimum* de chaleur spécifique de la même substance à différents états d'agrégation est différent dans un grand nombre de cas, en laissant à des recherches ultérieures de trouver la relation entre le minimum de chaleur spécifique et la chaleur spécifique vraie. »

LA VIE ET LES ÉCRITS

DE

SIR WILLIAM HOOKER

PAR

M. Alphonse DE CANDOLLE

Les botanistes anglais viennent de perdre leur vétéran, le directeur habile et zélé du jardin royal de Kew, l'auteur d'une infinité de publications qui ont avancé la science, ou qui l'ont repandue dans toutes les classes de la société en Angleterre. Nous ressentons cette perte sur le continent, aussi ai-je la conviction de répondre au désir de nombreux naturalistes si j'essaie de rendre hommage à la mémoire de Sir William Hooker. Pour y parvenir je n'aurai qu'à raconter sa vie, à rappeller ses principaux ouvrages, et à faire çà et là quelques comparaisons avec d'autres botanistes justement célèbres.

William Jackson Hooker était né à Norwich, le 26 juillet 1785; il est mort à Kew, le 12 du mois d'août 1865, à l'âge, par conséquent, de 80 ans accomplis.

Son père était un homme instruit, amateur de plantes rares et de curiosités littéraires ou scientifiques. Son parrain, William Jackson, dont il portait les deux noms, lui destinait une propriété de quelque importance, dont il hérita en 1806. Hooker se trouva donc très-jeune sous des influences favorables à l'étude des sciences naturelles,

avec une indépendance de fortune qui lui permettait de s'y livrer sans inconvénient. On avait jugé bon de le placer quelque temps chez un fermier, pour y apprendre l'agriculture, en vue de l'administration de ses biens, mais ce séjour à la campagne ne fit que développer davantage un goût inné chez lui d'observation et de recherches d'histoire naturelle. Il se mit à faire des collections d'oiseaux, d'insectes, de plantes, et s'empressa de se mettre en rapport avec divers naturalistes du pays. Dans le nombre se trouvait Sir Edouard Smith, possesseur à cette époque de l'herbier de Linné, et qui résidait à Norwich. Ce savant, aussi aimable que zélé, exerça sur son esprit une très-grande influence ; on pourrait presque dire une trop grande influence, car elle eut peut-être pour effet de lui donner, dans sa jeunesse, des préventions contre la méthode naturelle, préventions dont il sut pourtant se dégager assez vite.

Du reste, il ne faut pas demander à un jeune naturaliste de se passionner pour toutes les parties de la science également. Hooker était né collecteur et descripteur. A l'âge de vingt ans, il aimait trop herboriser pour penser beaucoup à des théories ou à des méthodes nouvelles de classification. Ce qu'il désirait par-dessus tout, c'était de voyager. Il s'y exerça d'abord par des excursions en Ecosse, notamment, en 1806, avec le botaniste Dawson Turner, de Yarmouth, qui fut plus tard son beau-père. Ensuite, il fit un voyage en Islande, sur les conseils et avec les recommandations que lui donna le Mécène des botanistes anglais, Sir Joseph Banks. C'était en 1809, au moment où une révolution venait d'agiter cette île ordinairement si paisible. Hooker fit une grande récolte de plantes. Il avait aussi observé les volcans, le Geyser ; il avait dessiné

les objets les plus remarquables d'un pays sur lequel on ne possédait alors que des renseignements très-incomplets; enfin, il rapportait en Angleterre une riche moisson, lorsqu'un désastre, le plus terrible qui puisse arriver sur mer, lui enleva tout, excepté la vie. Des prisonniers qu'on ramenait en Danemark pour être jugés, mirent le feu au vaisseau. On était à vingt lieues des côtes les plus inhospitalières de l'Islande, et en outre le vent portait dans une direction opposée. Tout espoir semblait chimérique, lorsqu'on découvrit un autre bâtiment, qui avait dû prendre une voie différente, et qui, par bonheur, se trouvait à portée des signaux. Les marchandises et le bagage entier des voyageurs furent détruits; les êtres vivants seuls furent sauvés. De retour en Angleterre, Hooker ne perdit pas courage. Il se fit envoyer des plantes sèches par ses nouveaux amis, les Islandais, et recueillant ses souvenirs, utilisant des notes qu'il avait conservées sur lui au moment de l'incendie, il put rédiger deux volumes entiers de récits et de documents. On les estima assez nouveaux et assez curieux pour qu'une seconde édition en fut bientôt demandée.

Le gouvernement anglais avait décidé d'envoyer à Ceylan un nouveau gouverneur. Hooker se proposait de l'accompagner, à ses propres frais, et dans ce but il avait vendu sa propriété. C'était un beau projet, car Ceylan et la péninsule indienne étaient alors bien peu connus. Malheureusement des troubles empêchèrent le gouverneur de partir, et, d'ailleurs, à cette époque, la guerre désolait l'Europe et absorbait trop l'attention pour qu'on pût facilement s'occuper de voyages scientifiques.

Dès que la paix fut faite, Hooker fut un des premiers à en profiter pour sortir d'Angleterre. Il parcourut la

France, la Suisse et le Nord de l'Italie, recherchant partout les botanistes et herborisant avec passion dans les localités dont les anciens auteurs avaient le plus parlé. Il passa quelques jours à Montpellier, où mon père résidait encore. Ce fut l'origine d'une amitié sincère, dont moi-même j'ai ressenti les heureux effets chaque fois que j'ai pu rendre visite à Sir William Hooker, soit à Glasgow, soit à Kew.

Et ici je me plais à répéter ce que beaucoup d'autres ont dit ou écrit : Hooker n'était pas de ces hommes qu'on oublie quand on les a vus une fois ou deux. Ses manières étaient aisées, affables, sa complaisance était réelle, son hospitalité charmante. La grâce de Lady Hooker y ajoutait beaucoup, j'en conviens, de sorte qu'il restait de la plus courte visite une impression durable. Sir William m'a toujours paru un type de vrai *gentleman* anglais. Il en avait les bonnes qualités et il en acceptait les charges. Poli envers tout le monde, libéral, oubliant ses intérêts au profit de la science, répondant à toutes les lettres et à toutes les demandes, il avait obtenu dans l'opinion publique une position exceptionnelle. Il était le protecteur des jeunes botanistes et des nombreux amateurs d'histoire naturelle qui partaient pour les colonies. S'il fallait créer un établissement public, donner des subventions, les ministres le consultaient. Sous ce rapport son influence directe ou indirecte s'est fait sentir dans le monde entier. Si l'on publie actuellement des Flores de presque toutes les colonies anglaises, on le doit principalement à ses conseils.

Des dispositions aussi libérales avaient, dit-on, amené une diminution plus ou moins sensible dans sa fortune, ce qui le détermina à accepter une place de professeur

à l'université de Glasgow. Pour un Anglais, habitué au mouvement intellectuel de Londres, la grande cité manufacturière de l'Écosse devait être un séjour peu attrayant. Hooker s'y est pourtant bien trouvé. Les hommes naturellement actifs et sociables, comme lui, surtout lorsqu'ils sont heureux dans leur intérieur de famille. peuvent s'accommoder de bien des circonstances qui en décourageraient d'autres. Le zélé collecteur de plantes devint un excellent professeur et un écrivain qui ne cessa dès lors d'occuper le monde savant de ses écrits. Pendant son séjour de vingt années à Glasgow, le nombre des élèves qui souscrivaient au cours de botanique s'éleva de 21 à 100. Parmi eux se trouvaient des jeunes gens destinés à voir des pays lointains, et qui, plus tard, stimulés par leur maître, lui ont envoyé des plantes rares. C'est là une des causes de l'immense richesse de l'herbier Hooker, actuellement déposé, pour l'usage du public, dans le jardin royal de Kew.

Ceci nous conduit à parler de la création capitale de Hooker. L'établissement botanique de Kew est, en effet, un des principaux centres de la botanique moderne, peut-être le plus important de tous, si l'on en juge par la multiplicité des ouvrages qu'on y a rédigés ou qui s'y préparent. Rappelons ici comment et par quelles influences cet établissement admirable est devenu ce qu'il est.

Kew était naguère un jardin de la Couronne, où l'on produisait force fleurs et fruits pour les tables royales. L'ancien directeur, M. Aiton, avait cependant des égards pour la science, et sur les conseils de l'illustre Robert Brown, il avait augmenté peu à peu les collections d'un intérêt strictement botanique. Bientôt la fondation du jardin de la Société d'horticulture, à Chiswick, et les besoins

croissants de la science, firent sentir la nécessité d'une rénovation du vieil établissement, et comme la liste civile des souverains anglais est fort modeste, on eut l'idée de faire de Kew un jardin botanique de l'Etat. Sir William Hooker en avait parlé autrefois avec les ducs de Bedford, protecteurs de la botanique, de père en fils, et c'est le présent comte Russell, leur descendant immédiat, qui eut le mérite d'obtenir le changement de propriété du jardin et d'appeler pour sa direction le savant professeur de Glasgow. Les botanistes applaudirent à ce choix, et les horticulteurs trouvèrent tout naturel qu'on eut pensé au savant qui rédigeait, depuis longtemps, le principal journal d'horticulture, le *Botanical magazine*. C'est en 1841 que la Reine céda la propriété de Kew; en 1843, elle y ajouta 47 acres. D'autres terrains furent ensuite acquis par le gouvernement. Peu à peu d'immenses constructions s'élevèrent, en grande partie sur les indications du directeur, dont le goût et l'habileté méritaient assurément des éloges.

Les serres attirent constamment à Kew un concours immense de visiteurs. On y remarque aussi un musée de produits végétaux, qui était une création favorite de Sir William. Ses riches herbiers et sa bibliothèque particulière, dont l'Etat vient de faire ou fera probablement l'acquisition, se trouvent annexés à l'herbier, très-riche aussi, donné par M. G. Bentham, et aux collections variées que la Compagnie des Indes et une foule de voyageurs ou amateurs ont ajoutées à ce prodigieux établissement. La plupart des grands herbiers d'Europe acquièrent, par exemple, 4, 5 ou 6 mille échantillons par année ; celui de Kew en a reçu l'année dernière 90,000 ! Plusieurs employés actifs suffisent à peine à l'arrangement, mais on est heu-

reux de penser que la direction de semblables richesses est confiée au fils même de Sir William, au docteur Joseph Dalton Hooker, dont l'activité n'est pas inférieure à celle de son père et que des publications importantes placent déjà très-haut dans l'opinion des botanistes[1]. Sir William le pressentait. Il a dû en éprouver beaucoup de douceur dans les derniers moments de sa vie.

J'ai parlé de la carrière du savant naturaliste. Il me faut apprécier maintenant ses ouvrages, sa tendance et jusqu'à un certain point sa position future dans l'histoire de la botanique. Je désire être impartial, être juste. Pour cela il me faut établir d'entrée une distinction qui rendra les appréciations moins difficiles.

Les botanistes de toutes les époques peuvent aisément être répartis en deux séries, qui présentent chacune certaines qualités et certains défauts. Il y a les botanistes que j'appellerai *profonds* et les botanistes *actifs*.

Les premiers, plus disposés à réfléchir, éminemment consciencieux, quelquefois timides, s'efforcent avant tout d'être exacts. S'ils ont des idées nouvelles, ils les creusent; s'ils découvrent quelque fait, ils le tournent, le retournent et le considèrent plusieurs fois avant de se hasarder à le publier. Ils savent attendre. Ils font faire à la science des progrès lents, mais sûrs. Ne voulant rien risquer, ils sont forcés de se taire sur beaucoup de choses qui expliqueraient ou compléteraient leurs assertions, et il en résulte quelquefois de l'obscurité. Ils répugnent à généraliser, à faire des systèmes, parce qu'une généralisation, un système renferment toujours des éléments inconnus,

[1] *Flora antarctica*, 2 vol. in-4°; *Flora Novæ Zelandiæ*, 2 vol. in-4°; *Flora Tasmanniæ*, 2 vol. in-4°, tous avec planches. *The Rhododendron of Sikkim Himalaya*, 1 vol. in-folio, avec planches, etc.

et que les hypothèses y prennent place nécessairement parmi les faits. Leurs ouvrages n'encombrent pas les bibliothèques, mais on les consulte ligne par ligne. Cesalpin, Micheli, les trois de Jussieu, St-Hilaire, surtout Robert Brown, en botanique proprement dite; Théodore de Saussure, en chimie végétale, représentent clairement cette catégorie.

Au contraire, les botanistes que j'appelle actifs, sont, par exemple, Bauhin, Tournefort, Ray, Linné, de Lamarck, de Candolle, Lindley, et parmi les hommes qui n'ont pas été exclusivement botanistes, de Humboldt. Ceux-ci sont enflammés d'une ardeur extraordinaire. Ils veulent avancer et faire avancer les autres. Ils disent et impriment tout ce qu'ils savent, et quelquefois plus. Ils cherchent à être clairs, parce que les idées claires font vite leur chemin. Ils généralisent, pour simplifier. Ils sont ou peuvent être d'excellents professeurs; le public les porte volontiers sur le pavois. Ils étonnent par l'abondance de leurs écrits, par la variété de leurs recherches ou de leurs idées. On les voit suivre plusieurs sciences avec le même courage. La crainte d'une hypothèse hasardée ou d'une erreur de fait ne les tourmente pas outre mesure: ils disent volontiers *errare humanum est.* Lorsqu'ils ont une idée heureuse, ils l'appliquent immédiatement, et elle prévaut. Si la méthode de désigner les espèces par deux noms avait été proposée dans un opuscule, par quelque savant profond, comme une chose désirable, personne n'y eut fait la moindre attention; mais Linné se mit à publier rapidement un *species* en suivant ce procédé et l'on comprit. Il y a des botanistes tellement actifs qu'à certaines époques de leur vie leurs travaux débordent. Ils en passent à leurs élèves, comme le faisait Linné pour ses dissertations. Un des botanistes

actifs nommés ci-dessus avait rédigé, entièrement de sa main, tout un volume in-4°, assez estimé dans la science; il en avait donné le manuscrit à l'un de ses élèves favoris, pour en faire sa thèse. Ni l'un ni l'autre n'en ont soufflé mot. Le hasard seul me l'a fait découvrir vingt-quatre ans après la mort de l'auteur véritable et un an après celle de l'auteur supposé. Par où l'on voit que les botanistes sont quelquefois de bonnes gens. De Jussieu, Robert Brown aidaient aussi leurs amis; cependant avec la même disposition à obliger, les auteurs qui ont le portefeuille habituellement rempli doivent être les plus généreux.

Les botanistes actifs tombent quelquefois dans de graves erreurs. Linné en est un exemple frappant. Il aurait été bien embarassé de fournir les preuves de l'une de ses idées de prédilection que l'écorce du rameau forme le calice de la fleur, le liber la corolle, le bois les étamines et la moëlle le pistil [1]. Ce n'est pourtant pas à titre d'hypothèse qu'il le disait, mais comme un fait. Sa théorie de la *prolepsis*, sur l'évolution des organes préparée et cachée, pendant cinq ou six ans, dans l'intérieur de la plante [2], celle de l'origine de toutes les espèces végétales d'une seule région montueuse située sous l'équateur [3], ses comparaisons bizarres entre les végétaux et les animaux [4] montrent plus de force d'imagination que d'observation et de raisonnement. En général, plus les botanistes actifs sont doués d'imagination, plus ils font de ces erreurs. Il était réservé à Gœthe de prouver qu'on peut être

[1] *Phil. bot.*, 86; *Metamorphosis plant. in Amœn. acad.* 4, p. 370, 374; *Prolepsis*, ib. 6, p. 336.

[2] *Amœn. acad.* v. 6, p. 330 et sq.

[3] *Amœn. acad.* 2, p. 445

[4] *Amœn. acad.* 4, p. 370, 374; *Phil. bot.* 146.

à la fois un grand poëte et un observateur scrupuleux. Mais Gœthe n'a pas beaucoup écrit en histoire naturelle, et s'il avait professé, s'il avait eu des centaines de jeunes gens pour applaudir à des théories hasardées, Dieu sait s'il n'aurait pas aussi quelquefois sacrifié l'exactitude à la gloire ?

Maintenant, dans quelle classe devons-nous ranger Sir William Hooker ? Évidemment dans celle des botanistes actifs.

Je pose la plume. Je parcours les rayons de ma bibliothèque, uniquement composée de livres de botanique et assez considérable, je consulte l'ouvrage précieux du *Thesaurus literaturæ botanicæ,* de Pritzel, et je m'adresse la question suivante : en laissant de côté les compilateurs, quels sont les botanistes qui ont le plus écrit ? La diversité des formats, la multiplicité des éditions, le mélange dans quelques ouvrages de morceaux de plusieurs auteurs, enfin la dispersion dans les journaux empêchent de répondre à cette question avec toute la précision désirable. Il me semble cependant que Linné, Augustin-Pyramus de Candolle et Sir William Hooker sont les trois botanistes qui ont été le plus laborieux[1]. Les ouvrages de Linné paraissent un peu moins étendus que ceux des deux botanistes de notre époque, mais il faut tenir compte de la difficulté relative qu'éprouvait un Suédois, dans le siècle dernier, pour faire paraître des ouvrages scientifiques. Quelques auteurs se rapprochent des trois que

[1] Les ouvrages de Sir W. Hooker, seul ou avec des collaborateurs, constituent 5 (et avec une partie de la *Flora londinensis* 6 ou 7 volumes in-folio, 4 volumes in-4° et 87 volumes in-8°. De Candolle a publié, seul ou avec des collaborateurs, 9 volumes in-folio, 11 in-4° et 37 in-8°.

j'ai cités, notamment parmi les vieux botanistes Ray, et parmi les modernes Lindley, dont la perte est récente, et M. de Martius, lequel heureusement n'a pas encore dit son dernier mot.

Ces auteurs si féconds se sont presque tous occupés de plusieurs branches de la botanique et même d'autres sciences. Hooker a été pour ainsi dire uniquement botaniste descripteur. Sauf les deux volumes sur son voyage en Islande et quelques écrits de peu d'étendue sur la botanique économique ou concernant des leçons, tous ses ouvrages roulent sur des descriptions de cryptogames ou de phanérogames, envisagées tantôt au point de vue de la Flore d'un pays, tantôt en elles-mêmes. Le volume des *british Jungermanniæ* (1 vol. in-fol., 88 pl.), date de 1813, les *Musci exotici* (2 vol. in-8°, avec pl.) ont paru de 1818 à 1820. A cette époque, l'auteur s'occupait surtout de cryptogames et publiait, avec Taylor, la *Muscologia britannica* (1 vol. in-8°, 1818, avec pl., éd. 2, 1827). Peu après son établissement à Glasgow il publia sa *Flora scotica* (1 vol. in-8°, 1821) où l'on voit en tête un portrait de lui. Les espèces y sont rangées d'abord selon la méthode de Linné ; ensuite, dans une seconde partie, d'après la méthode naturelle. Cet ouvrage et celui de S.-Fr. Gray (*Natural arrangement of british plants*, 2 vol. in-8°), daté de la même année, montrent les débuts de la méthode naturelle appliquée aux flores britanniques. Pour un élève de Smith, on voit que Hooker se montrait assez novateur, mais Robert Brown avait déjà publié son *Prodromus floræ Novæ Hollandiæ*, en 1810, et Salisbury son *Prodromus stirpium in horto ad Chapel Allerton*, en 1796, sept ans après le Genera de Jussieu.

Hooker a fait une flore britannique (*British flora*, 2

vol. in-8°, 1830, 1831), et une flore plus importante de la partie boréale de l'Amérique septentrionale (*Flora boreali americana*, 2 vol. in-4°, 1833-40, avec planches). Il a continué jusqu'à la fin de sa vie à s'occuper des Fougères, d'abord avec Greville (*Icones Filicum*, 2 vol. in-fol., 1829-31), ensuite seul (*Genera Filicum*, in-8°, 1842, avec 120 pl.; *Species Filicum*, in-8°, 5 vol., 1846-64, avec 304 pl.). Mais ses principales publications ont été sur des plantes exotiques, contenues dans ses riches herbiers ou cultivées dans les jardins de la Grande-Bretagne. Son *Exotic flora* (3 vol. 1823-27) contient 232 planches coloriées : ses *Icones plantarum* (5 vol. in-8°, 1827 à 1854) en renferment mille, dont une grande partie dessinées par lui-même, car il dessinait facilement. La direction du journal d'horticulture *Botanical magazine* lui a été confiée dès 1827, et depuis ce moment jusqu'à sa mort il a publié plus de 25 volumes de cette importante collection, c'est-à-dire plus de 2700 planches coloriées, avec des descriptions. Enfin une grande partie de son temps a été consacrée à la publication de journaux botaniques (*Botanical miscellanies, Companion to the botanical magazine, Journal of botany, London journal of botany*), qui se sont succédés de 1830 à 1853 et qui forment en tout 25 volumes in-8°. Dans ces journaux une grande partie des articles sont de l'éditeur lui-même, les autres de ses amis et correspondants répandus dans le monde entier. C'est par là qu'on peut apprécier son influence sur une foule de voyageurs, collecteurs, autorités des colonies, missionnaires, médecins, etc., que son aimable caractère et son zèle avaient gagnés à la cause des sciences naturelles.

La carrière utile de Hooker a été longue. Il est mort,

ai-je dit, à 80 ans, et depuis 1811, date de sa première publication *(Journal of a voyage in Iceland)*, jusqu'à 1865, date des derniers cahiers du *Botanical magazine* auxquels il ait concouru, on compte 55 ans. Linné a vécu 71 ans et a publié pendant 42 ans ; de Candolle a vécu 63 ans et a publié pendant 44 ans. La plus longue carrière d'un botaniste distingué a été peut-être celle de Link, mort à l'âge de 85 ans, après avoir publié pendant 59 ans au moins [1].

Ce sont les botanistes actifs qui fournissent d'aussi longues carrières d'auteur. Antoine Laurent de Jussieu et Robert Brown ont vécu 87 et 85 ans, mais leurs écrits ont été publiés dans le laps de 41 et de 35 ans seulement. L'extrême activité de quelques hommes tient sans doute à des causes à la fois physiques et morales, qui ne suffisent pas toujours pour prolonger la vie jusqu'à une grande vieillesse, mais qui impriment de bonne heure un mouvement singulier d'idées et se combinent avec la passion de les répandre. Les savants animés de ce feu sacré peuvent, quand ils le veulent, s'appliquer à des travaux réfléchis et minutieux. Ils le font quelquefois, de même que les savants d'une autre nature sont par moments très-actifs, néanmoins le tempérament domine, et comme dit le fabuliste : « Chassez le naturel il revient au galop. »

Y a-t-il des motifs pour mettre l'une des deux catégories de botanistes au-dessus de l'autre ? en vérité je ne le pense pas.

[1] Les indications de Pritzel et du catalogue de ma bibliothèque portent 1847 pour la date de la dernière publication de Link, mais il est possible qu'il ait présenté quelque mémoire à l'Académie de Berlin ou publié quelque opuscule de 1848 à 1851, année de sa mort.

S'il fallait apprécier les hommes d'une manière abstraite, d'après la valeur intrinsèque de certaines qualités de l'esprit, assurément il n'y a rien de plus admirable que la perspicacité unie à la réflexion, que le génie contenu et dirigé par le bon sens, et la grandeur des vues combinée avec la faculté d'étudier scrupuleusement les détails. Appliquant ceci aux botanistes, je ne craindrai pas de dire que depuis Théophraste jusqu'à nos jours, l'homme qui a porté au plus haut degré toutes ces qualités dans l'étude du règne végétal, est Robert Brown.

Il y a cependant une autre manière d'apprécier les savants, c'est de voir le résultat de leurs travaux et la durée de leur influence. — Quels ont été les plus grands hommes ? demandait le prisonnier de Ste-Hélène, dans une de ces mille causeries où les demandes n'avaient d'autre but que d'amener de lui des réponses. Les plus grands hommes, disait-il, ont été ceux dont les créations ont duré le plus longtemps. Mahomet est bien plus grand que César ou Alexandre, parce qu'une religion dure plus qu'un empire. — Voilà le point de vue pratique, utilitaire. Appliquons-le à notre branche des connaissances. Les botanistes d'un certain mérite qui ont beaucoup récolté, beaucoup décrit et publié, non-seulement exercent une grande influence sur leurs contemporains, mais laissent aussi une longue trace après eux. Plus ils auront décrit de formes inconnues, plus surtout ils auront publié de planches, et plus on sera forcé pendant des siècles de recourir à leurs ouvrages. Il faut bien aujourd'hui encore consulter les figures, très-mauvaises, publiées autrefois par Rumphius, Hernandez ou Plumier. On a besoin de remonter à l'origine des noms de chaque espèce, la priorité faisant règle en fait de nomen-

clature. A plus forte raison de belles planches, comme celles des 23 volumes in-folio publiés par Jacquin, assurent-elles à leur auteur une place durable dans la science. Les travaux descriptifs ont donc cet avantage de durer, ne fût-ce que pour les recherches de la synonymie. Par conséquent les botanistes qui ont été les plus actifs dans cette partie de la science sont assurés que leur nom restera le plus longtemps. Disons encore qu'en fait de découverte rien n'est plus certain que celle d'une forme si elle était réellement inconnue auparavant. On fait honneur à Cesalpin d'avoir parlé le premier des cotylédons comme d'un organe très-important, mais d'autres avaient vu cet organe avant lui : on admire les observations de Brown et de Mirbel sur l'évolution des ovules, mais longtemps avant, Grew avait observé des ovules sous le microscope et avait constaté les points essentiels de leur structure : on loue la sagacité de Jussieu pour certains rapprochements de genres et de familles, mais souvent on trouve les premières indications de ces rapprochements dans les ouvrages antérieurs d'Adanson ou de Magnol. En général il y a peu d'idées absolument nouvelles. Il y a encore moins d'observations anatomiques ou physiologiques dont on ne trouve des traces dans les ouvrages qui ont précédé celui auquel on les attribue. C'est bien différent pour une plante nouvelle. Un botaniste décrit et peut-être figure une plante de Californie que personne n'avait vue avant lui : ceci est un fait de peu d'importance si vous voulez, mais incontestable, c'est un fait vraiment de l'auteur. Si la forme décrite constitue un genre nouveau, indique une affinité, résout une question d'organographie, le fait est plus important, et beaucoup de découvertes positives de cette nature finissent par avoir de la valeur.

Enfin il y a des époques où l'activité de quelques botanistes a été plus particulièrement un bonheur et un mérite essentiel. Qu'aurait-on fait de 1818 à 1840 s'il n'y avait pas eu des descripteurs et nomenclateurs infatigables tels que Hooker, de Candolle, Kunth, Lindley, Blume, de Martius, pour s'occuper de ce nombre immense de plantes, inconnues jusqu'alors, que les collecteurs rapportaient ou envoyaient de toutes les parties du monde ? A cette époque on a reçu au moins mille espèces nouvelles par année. Il fallait s'en occuper pour que la botanique ne tombât pas dans le chaos. Augustin-Pyramus de Candolle a décrit pendant sa vie 6,350 espèces nouvelles, c'est-à-dire à peu près autant que le nombre total des espèces découvertes depuis les Grecs jusqu'à Linné inclusivement. Hooker en a peut-être décrit autant que lui. Il a surtout publié un nombre très-considérable de planches. La nature de ses publications ne comportait pas des dessins riches en analyses, mais il y en a beaucoup d'espèces absolument nouvelles.

En relevant le nombre total des planches publiées par Hooker, plus complétement que je ne l'ai fait ci-dessus, j'en trouve 4,094. C'est un chiffre énorme. Encore faudrait-il ajouter des planches de la 2me édition de la *Flora Londinensis* par Curtis, à laquelle Sir William a pris part sans que j'aie pu préciser ce qu'il convient de lui attribuer spécialement.

M. Reichenbach approche déjà du chiffre de 4,000 planches, mais il a représenté surtout des espèces d'Europe, dont un grand nombre étaient déjà figurées et qui étaient ordinairement bien décrites dans les ouvrages. Nicolas Jacquin a publié beaucoup de planches, presque toutes d'un grand format et coloriées, la plupart concernant

des espèces rares ou nouvelles et faites avec autant de soin qu'on pouvait en mettre à son époque, mais leur nombre est de 2.685. Le fameux ouvrage de Sibthorp *(Flora græca)* contient 966 planches. De Candolle en a publié dans tous ses ouvrages 943. M. de Martius, qui avait déjà publié en 1856 près de 1,100 planches, toutes d'une grande valeur scientifique, continue d'ajouter chaque année à ce nombre déjà si respectable. M. Robert Wight a donné sur les plantes de l'Inde 2,313 planches coloriées. Voilà des termes de comparaison tirés des auteurs qui ont rendu le plus de services sous ce rapport. Ils montrent la supériorité de sir William Hooker.

Dans ce qui précède j'ai fait, sans m'en douter, un travail de classification. J'ai rapporté le zélé botaniste anglais à sa classe, *botaniste actif;* à sa famille, *botaniste descripteur.* Il me reste à constater son genre et sa spécialité parmi les descripteurs.

Sir William Hooker prenait les méthodes de classification comme elles étaient et cherchait à les appliquer judicieusement aux formes nouvelles, plutôt qu'à les perfectionner. Il ne visait pas à créer des espèces, des genres ou des familles, mais à s'en servir pour classer, ne proposant un nom nouveau que si véritablement c'était une nécessité. Peu de botanistes ayant eu à nommer des espèces de tous les pays, surtout des espèces de jardins, ont fait aussi rarement que lui des erreurs. Il avait eu soin de s'entourer de riches herbiers et d'une grande bibliothèque; il avait bonne mémoire; son coup d'œil était rapide. Grâce à tout cela ses descriptions marchaient vite et bien. On est rarement appelé à transporter d'un genre dans un autre les espèces qu'il a classées. Celles qu'il dit être nouvelles, le sont véritablement, à de rares exceptions

près, et c'est un degré d'exactitude assez difficile à atteindre en ce qui concerne les plantes cultivées, et dans un ouvrage paraissant à jour fixe, comme le *Botanical magazine*. Tout directeur de jardin sait dans quel état sont les plantes qui fleurissent pour la première fois. Il sait qu'on vous presse de décrire pour les passer au dessinateur, ou qu'elles reviennent de l'atelier plus ou moins défraîchies. Il faut cependant les examiner aussitôt, sans avoir les fruits, sans pouvoir comparer plusieurs échantillons, et avec l'idée que la culture peut avoir altéré les formes. Il s'agit quelquefois d'une espèce isolée, douteuse, dans un grand genre, qui n'a pas été récemment bien travaillé. N'importe il faut nommer et publier. Très-excusables sont donc ceux qui font des fautes en pareil cas, et très-louables ceux qui en font rarement !

Sir William Hooker était un botaniste prudent et judicieux. Il connaissait bien ses forces. C'est une chose curieuse de voir qu'il a achevé tous ses ouvrages, comme Linné, mais non comme de Candolle, ni de Lamark, ni Brown, qui en ont laissé d'inachevés. Sa santé, excellente jusqu'à un âge avancé, ne suffit pas à expliquer ce fait complétement : il y avait chez Hooker le mérite de savoir mesurer toujours ses entreprises à ses moyens, et de persévérer dans chaque travail avant de passer à un autre. Le même sentiment de ses forces l'éloignait des théories, auxquelles il se sentait peu propre, et des analyses très-détaillées, qui l'auraient retardé dans sa marche. Lorsqu'il décrivait il savait s'arrêter nettement à ce qu'il voyait. On peut lui reprocher des omissions, mais ce qu'il dit est généralement exact. Les meilleurs descripteurs au commencement du siècle travaillaient ainsi.

Je me suis permis de caractériser nettement le bota-

niste en ce qui concerne ses travaux. Mais il y a, ne l'oublions pas, à côté des ouvrages de Hooker, l'action généreuse, incessante et éclairée qu'il a su exercer autour de lui et à distance. Il a inspiré le goût de la botanique à une foule de personnes, en particulier à son fils, un des plus habiles naturalistes de notre époque. Il a organisé l'établissement scientifique et horticole de Kew, un de ceux où l'on travaille le plus et où les botanistes de tous les pays trouvent le plus de ressources. En arrangeant et en démontrant les belles collections de ce jardin, il a rendu la science populaire. Grâce à ses antécédants et à l'agrément de ses manières, il a obtenu beaucoup en faveur soit de la botanique soit de l'horticulture. Ses recommandations étaient puissantes, même en Australie, dans l'Inde ou en Amérique, de telle sorte que bien des voyages, bien des découvertes et beaucoup de publications importantes sur la flore de pays lointains se rattachent déjà ou se rattacheront à lui, au moins par leur origine.

L'ÉTAGE TITHONIQUE

PAR

M. le Professeur A. OPPEL

(Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft, 1865.)

Il y a un mois à peine un savant éminent, dont l'Allemagne s'honorait, M. A. Oppel, professeur de géologie à Munich, a été enlevé dans la force de l'âge par une courte maladie. Sa perte sera vivement sentie par ses nombreux amis et par tous ceux qui s'occupent de géologie et de paléontologie ; il laisse une réputation qu'il n'est pas besoin de justifier, il suffit de rappeler ses nombreux travaux, et entre autres, *die Juraformation* et *Paleontologische Mittheilungen*. Travailleur infatigable, voyageur intrépide, observateur doué d'une grande sagacité, il eut fait faire de nouveaux pas et plus importants encore à la science à laquelle il se dévouait. Tout récemment il avait publié, sous le titre que nous indiquons, un article fort intéressant dans le Journal de la Société géologique allemande, dans lequel il résumait ses dernières recherches sur le Jurassique supérieur des Alpes. Les conclusions auxquelles il a été conduit ont une grande importance, et bien que ce travail ne soit encore qu'une ébauche, un jalon planté que d'autres devaient suivre, nous avons pensé qu'il pouvait être utile d'en donner ici une traduction abrégée.

Quenst., l'*Am. tortisulcatus*, d'Orb., l'*A. silesiacus*, Oppel, et la *Terebratula diphya*, s'étendent au loin à l'E. et à l'O., ce qui permet de supposer que la mer tithonique occupait un grand espace dans les contrées alpines à la fin de la période jurassique, et cette opinion a été confirmée par une découverte récente de M. Stelzner qui a reconnu la *Ter. diphya* à Losenstein, sur la rive droite de l'Enns. Les roches nommées par MM. Escher de la Linth et Gumbel *Auerkalk*, près d'Au, dans les environs de Bregenz, et celles que M. Escher à désignées sous le nom de *Hochgebirgskalk* dans les Alpes du canton de Glaris, appartiennent probablement à l'étage tithonique. On peut présumer qu'il sera possible de le retrouver à l'est du lac de Genève, car M. Ooster a trouvé l'*Am. hybonotus*, Oppel, dans un calcaire noir au Mont Richard, près d'Argentine, non loin des Ormonts.

Près du pont de Wimmis, à l'entrée du Simmenthal, on rencontre des calcaires noirs de 10 pieds d'épaisseur, qui, d'après leurs fossiles caractéristiques, ont été rangés par M. le professeur Studer dans le Kimméridien, dans la zone à Pteroceras Oceani. Au-dessus s'élève une masse énorme de calcaire blanc, dans lequel se rencontrent des fossiles regardés d'abord comme crétacés par M. Fischer-Ooster, puis ensuite comme se rapprochant extrêmement des espèces des couches de Stramberg. Ce serait là encore un représentant de l'étage tithonique, l'étude attentive des fossiles viendra décider cette question.

A Gigondas (Vaucluse), dans les Basses-Alpes, le Var et les Alpes maritimes, divers renseignements permettent de présumer l'existence de l'étage. En Algérie, M. Coquand a reconnu, près de Batna, des calcaires rouges contenant l'*Am. Acanthicus*, Oppel, et plusieurs autres espèces

appartenant à diverses zones jurassiques. Au-dessus sont des calcaires gris avec la *Tereb. diphia* formant la partie supérieure de la formation jurassique et appartenant encore à l'étage tithonique; ils sont surmontés par des grès schisteux reconnus comme néocomiens.

En Espagne, certains indices font présumer l'existence de l'étage tithonique ; les travaux de M. Lory permettent de le reconnaître dans les Alpes du Dauphiné, il faut y rattacher, comme il a déjà été dit, les dépôts nommés *ciment et calcaire de la Porte de France.*

Examinons maintenant le développement de l'étage tithonique du côté de l'Est, et considérons les couches nommées *Klippenkalk* dans lesquelles M. Hohenegger a rassemblé de nombreux fossiles à Rogoznick (au N. des Monts Tatra, au S.-O. de Neumark en Galicie). Une étude attentive de ces restes organisés, consistant surtout en Céphalopodes et en Brachiopodes, montre que dans le *Klippenkalk* il faut établir trois divisions se rattachant : 1° à l'étage tithonique ; 2° au Kimméridien et 3° à l'Oxfordien ; mais point à des étages inférieurs. Près de Maruszina ces calcaires blancs renfermant la *Terebr. diphya*, *Ter. triquetra*, et beaucoup d'Ammonites situés immédiatement au-dessous du Néocomien peuvent représenter la partie supérieure du groupe tithonique.

Passons maintenant à l'examen des *couches de Stramberg*, dans les Carpathes, qui ont été étudiées par plusieurs géologues, entre autres par MM. Beyrich, Hohenegger, Suess, etc. Ces couches diffèrent essentiellement du *Klippenkalk*, car nous avons vu que sous ce dernier nom on comprenait des dépôts appartenant à trois étages différents; les couches de Stramberg se rattachent à un seul horizon, à une seule zone paléontologique, distincte et

bien définie, à en juger tout au moins d'après les recherches faites jusqu'ici. Parmi les nombreux fossiles qu'elles renferment on ne retrouve pas d'espèces caractéristiques oxfordiennes ou kimméridiennes, et une comparaison exacte des faunes permet de regarder ces couches de Stramberg comme parallèles des couches supérieures du Klippenkalk et comme appartenant à la partie supérieure de l'étage tithonique. Les faunes de Stramberg, de Rogoznik et de Roveredo, bien qu'ayant des rapports communs, présentent aussi des différences assez fortes : celles-ci sont facilement explicables par la diversité des facies locaux. A côté des couches à Céphalopodes du Klippenkalk de Rogoznik et des calcaires à *T. diphya* du Tyrol méridional, les calcaires de Stramberg nous offrent une preuve excellente de l'existence d'un grand récif de corail alpin dont la faune abondante et variée permet de fournir des données fort utiles pour l'étude d'autres couches coralliennes situées sur la limite entre les formations jurassiques et crétacées. Il sera entre autre d'un haut intérêt de fixer d'une manière précise l'âge des couches d'Innwald dans les Carpathes, de Plassen près de Hallstadt, de St-Wolfgang, de Voreppe et d'Echaillon près de Grenoble, et d'Oyonnax dans le département de l'Ain ; il est encore bien probable que l'oolithe corallienne du Mont Salève appartient au groupe tithonique.

Considérant que l'étude des Céphalopodes est particulièrement précieuse pour établir les relations qui unissent les différents gisements qui viennent d'être cités, Oppel a donné l'énumération de toutes les espèces de Céphalopodes qui ont été observés dans les dépots di-

vers, soit dans les Alpes soit en dehors des Alpes, qu'il pense pouvoir rapporter à son étage tithonique ; il arrive au chiffre de 117 espèces, parmi lesquelles 84 Ammonites et 4 espèces d'Aptychus. Un grand nombre d'espèces nouvelles seront publiées prochainement. On peut remarquer parmi les autres : *Belemnites semisulcatus* Munster, *Am. tortisulcatus* d'Orb., *Am. Gravesianus* d'Orb., *Am. Irius* d'Orb., *Am. Calisto* d'Orb., *Am. suprajurensis* d'Orb., *Am. Giganteus* Sow. L'ensemble des Céphalopodes de l'étage tithonique présente de l'analogie soit avec les espèces jurassiques soit avec les espèces crétacées. Oppel l'attribuait au fait que les couches qui les renferment se trouvent sur ces limites entre deux grandes formations : toutefois, suivant toute probabilité, c'est à la formation jurassique qu'elles doivent être réunies.

Ainsi que l'auteur l'a dit lui-même, bien des faits cités ont encore besoin de confirmation, bien des études sont encore à faire et bien des comparaisons minutieuses à établir pour arriver à la vérité. Néanmoins de grandes probabilités sont déjà en faveur de plusieurs des conclusions du savant professeur de Munich, qui pourront expliquer le vrai parallélisme de plusieurs dépôts dont la place était indécise, et jetteront de la lumière sur bien des problèmes qui ont exercé la sagacité des géologues. Citons en passant le *Calcare rosso Ammonitico* dont les relations avec la *Majolica* deviennent parfaitement claires, et les couches à *Ter. diphya* qui, souvent promenées dans divers étages, trouvent leur place définitive. L'analogie de la faune corallienne du Salève avec les couches de Stramberg est frappante, nous en avons déjà fait mention dans une communication lue à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Quant à la convenance de créer

pour ces dépôts un nouveau nom, c'est là une question que je n'entreprendrai pas de discuter ici.

Sur un point particulier nous ne nous trouvons point d'accord avec Oppel. Bien qu'il ait omis dans la liste des Céphalopodes, de son nouvel étage, les espèces Valangiennes, il n'en est pas moins évident, d'après les limites supérieures qu'il lui assigne, qu'il y comprend les couches du Valangien. Or, pour nous, les relations étroites qui relient le Valangien au Néocomien sont incontestables, il ne saurait en être séparé et par conséquent rangé dans la formation jurassique, à laquelle il est plus que probable qu'appartient le groupe tithonique tout entier.

P. DE L.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

Prof. SPÖRER. BEOBACHTUNGEN VON SONNENFLECKEN. OBSERVATIONS DE TACHES DU SOLEIL. (*Monatsbericht der königl. Academie der Wissenschaften zu Berlin*, Juli 1865. — *Astronomische Nachrichten*, N°s 1542, 1556, 1564). — WARREN DE LA RUE, BALFOUR STEWART et BENJ. LOEWY. RESEARCHES ON SOLAR PHYSICS. RECHERCHES SUR LA CONSTITUTION PHYSIQUE DU SOLEIL. First Series. On the nature of Sun-Spots.

Une série de quatre années de ses propres observations a permis à M. le professeur Spörer, à Anclam, de déterminer les périodes de rotation des points situés à la surface du Soleil, aux diverses latitudes où se rencontrent des taches. Il a dressé une table renfermant pour douze latitudes les valeurs moyennes de l'angle ξ, c'est-à-dire de l'angle de rotation diurne de points de cette surface entre les limites 0 et 30 degrés de l'angle b ou latitude héliocentrique. Ces valeurs moyennes lui ont été fournies par des observations de taches au nombre de 193 en 1861, 145 en 1862, 121 en 1863, 75 en 1864. La diminution du nombre des lieux observés pendant cette succession d'années ne dérive point d'un ralentissement dans l'activité de l'observateur, mais d'une moins grande fréquence dans l'apparition des taches, qui ont tendu en même temps à se restreindre dans des régions moins distantes de l'équateur solaire. Un semblable rétrécissement des zones fournissant les taches, concordant avec l'approche de la phase d'un minimum dans l'abondance des taches, a déjà été signalé par M. Carrington en 1854 et 1855.

Pour la plus grande valeur de ξ, la durée de la rotation correspondante ne s'élèverait qu'à 24 jours; pour la plus petite, elle dépasserait notablement 26 jours. M. Spörer a cru devoir adopter pour valeur moyenne de la rotation du Soleil, celle d'un point intermédiaire, pour lequel $\xi = 14°,295$, correspondant à une rotation de 25 j. 4 h. 24 m. Il trouve aussi que les valeurs de ξ aux diverses latitudes sont représentées d'une manière satisfaisante par la formule suivante, obtenue par la résolution de treize équations de condition de la forme

$$\xi = x + y \sin. b + z \cos. b,$$

auxquelles on a appliqué la méthode des moindres carrés :

$$\xi = 16°,8475 - 2,5433 \sin. b \quad - 2,2280 \cos. b$$

ou $$\xi = 16°,8475 - 3,3812 \sin.(b + 41°,13').$$

Les observations ultérieures fourniront une approximation plus grande pour les constantes qui entrent dans cette formule, dont la forme générale reste d'ailleurs discutable. Les bases sur lesquelles elle repose sont comprises, en effet, entre des limites fort restreintes. Les taches observées sont très-rares au delà de 18 degrés de latitude, et il serait prématuré d'en vouloir induire d'une manière définitive la rotation moyenne de l'astre, ou autrement dit la valeur de ξ pour la latitude $b = 90°$.

Par suite d'améliorations effectuées dans son matériel d'observation, M. Spörer a pu, l'an dernier, vouer une attention spéciale aux modifications visibles dans les taches, pendant les diverses phases de leur formation, de leur durée et de leur disparition. Les conclusions actuelles, qu'il en déduit, ne sont pas favorables à l'hypothèse de Wilson qui fait considérer les taches comme des cavités en forme d'entonnoirs. Ses travaux les plus récents n'ont fait que le confirmer dans son appréciation, qui place les taches au-dessus de la région des facules, ainsi que nous l'avons transcrite récemment dans les *Archives* (Sept. 1865).

Les astronomes anglais, au contraire, s'appliquent à trouver des arguments en faveur de l'hypothèse de Wilson, et c'est dans ce sens que MM. W. de la Rue, B. Stewart et B. Lœwy viennent de publier un opuscule, dont le but principal est de chercher la solution des trois questions suivantes :

I. Le noyau d'une tache est-il plus près du centre du Soleil que sa pénombre? ou, en d'autres termes, est-il à un niveau inférieur?

II. La photosphère doit-elle être considérée comme composée de corps solides, pesants, ou de matière liquide, pesante? ou tient-elle plutôt de la nature d'un nuage?

III. Une tache, comprenant ombre et pénombre, est-elle un phénomène qui se produise au-dessous du niveau de la photosphère du Soleil, ou au-dessus d'elle?

Les matériaux dont disposent les auteurs du mémoire sont principalement les dessins obtenus au moyen de l'héliographe de l'Observatoire de Kew, de 1858 jusqu'en 1864, et comprenant 631 observations de groupes de taches.

En vue de résoudre la première question, ces taches sont réparties dans des tableaux spéciaux en deux catégories, suivant leur distribution à gauche ou à droite de la ligne centrale partageant le Soleil en deux hémisphères et perpendiculaire à son équateur. Dans chaque hémisphère, on les classifie en trois zones de 30° de largeur chacune et on compare dans chacune de ces zones la largeur de la pénombre de chaque tache, du côté du bord extérieur, avec la même largeur du côté de la ligne centrale. Si la première de ces largeurs est plus grande que la seconde, surtout dans les zones voisines des bords du disque, il en résulte une présomption en faveur de la profondeur du niveau du noyau, comparé à celui de la pénombre. Or c'est ce qui ressort de la comparaison des matériaux de l'Observatoire de Kew; et pour ne donner qu'un exemple des résultats de ces comparaisons : Sur 530 taches observées, 456 ou 86 pour cent, sont favorables à cette hypothèse et 74 ou 14 pour cent lui sont contraires.

Un travail semblable est appliqué à la comparaison de la largeur des pénombres au-dessus et au-dessous du noyau, en considérant les taches disposées au-dessus ou au-dessous de l'équateur solaire, et une conclusion analogue en est déduite, d'où les auteurs induisent la probabilité de l'hypothèse de Wilson, que le noyau des taches est à un niveau inférieur à celui de leur pénombre.

Une remarque relative à la fréquente permanence de facules apparaissant à nos regards, sous la même forme, pendant plusieurs jours de suite, comme si leur substance était capable de rester en suspension pendant un certain temps, leur paraît fort importante pour la solution de la seconde question. Si en effet les facules sont la matière lumineuse du Soleil elle-même, il est difficile de supposer qu'elles soient simplement les portions les plus élevées d'un océan liquide, exhaussées ou projetées dans l'atmosphère solaire. Ils les croient composées de corps solides ou liquides de dimensions plus ou moins grandes, et suspendues en équilibre ou s'abaissant lentement dans un milieu gazeux; elles tiendraient par conséquent plutôt de la nature des nuages.

Quant à la position des facules relativement aux taches, dans le voisinage desquelles elles se trouvent toujours plus abondantes, il résulte d'un long tableau de comparaison que, sur 1137 cas, 584 taches ont leurs facules placées en grande majorité à gauche, 508 à peu près également sur tout leur pourtour et seulement 45 en majorité à droite. C'est-à-dire qu'en moyenne les facules sont placées plutôt à gauche des taches qu'elles accompagnent. De là l'hypothèse — passablement hasardée — que les facules ont été enlevées de dessus la surface occupée par la tache et sont tombées en arrière à gauche pour avoir été projetées dans une région douée d'une plus grande vitesse de rotation.

Nos auteurs répondent enfin à la troisième question, en affirmant la première alternative énoncée. Ils se fondent pour cela sur l'observation de ce qui se passe, lorsque un

pont de matière luminense de même éclat que la photosphère environnante paraît traverser le noyau d'une tache sans être accompagné d'aucune pénombre. « Il y a, disent-ils, lieu de croire que ce pont est réellement au-dessus de la tache. Car si le noyau était un nuage opaque et la pénombre un nuage semi-opaque, tous deux placés au-dessus de la photosphère, il n'est pas probable que la tache se romprait de telle sorte que l'observateur terrestre n'apercevrait aucun vestige de pénombre auprès de la trace lumineuse. En outre, on voit se mouvoir des portions détachées de matière lumineuse au travers d'une tache sans y produire aucune altération permanente. Nous sommes par conséquent disposés à croire qu'une tache comprenant ombre et pénombre est un phénomène se produisant au-dessous du niveau de la partie la plus brillante de la photosphère. »

Une observation finale du mémoire dont nous rendons compte, tend à faire prévaloir l'idée que dans une tache il se trouve probablement quelque matière d'une température inférieure à celle de la photosphère. Cette idée concorde tout à fait avec la base sur laquelle nous avons tenté naguère d'établir la théorie des taches solaires, savoir une absence d'équilibre physique et chimique entre les divers composants de la masse du Soleil. Les astronomes anglais, répugnant peut-être à supposer cette masse entière liquide et mobile, se bornent à supposer ces changements de température dans l'épaisseur de la photosphère, réputée jusqu'ici comprise dans des dimensions très-restreintes et dont la nature est encore un mystère absolument insondé. Ils nous semblent par là diminuer sensiblement la probabilité de leur hypothèse. Nous avons remarqué avec satisfaction, toutefois, l'attention avec laquelle ils ont omis toute allusion dans leur mémoire au prétendu noyau solide du Soleil, et nous aimons à croire qu'eux aussi auront reconnu l'impossibilité de faire cadrer cette supposition avec la variation du mouvement rotatoire des points de la surface solaire suivant leur latitude.

Cette conclusion nous paraît ressortir évidemment d'une affirmation contenue dans une récente note de M. Faye, qui, parlant de l'étonnante régularité du mouvement des taches durant des mois entiers, la déclare « incompatible avec toute hypothèse qui placerait la photosphère sous la dépendance absolue de courants engendrés ailleurs que dans la masse *interne* du Soleil. » Nous sommes entièrement de l'avis de M. Faye à cet égard, et c'est sur des considérations analogues que nous avons précédemment hasardé une explication de ce phénomène. Seulement, pour être logique, nous avons dû supposer avec M. Kirchhoff la masse du Soleil liquide dans son intégrité. Il nous semble que, pour qu'il y ait courants et pour que l'action de ces courants se transmette à une couche superficielle quelconque, qu'on l'appelle photosphère ou autrement, cette hypothèse est indispensable. Quel serait l'effet de ces courants s'ils venaient se heurter contre une enveloppe solide interposée? Y provoquer une déchirure, une éruption volcanique; peut-être. Mais comment cette déchirure se cicatriserait-elle? et comment pourrait-elle avoir un mouvement de rotation, différant avec la latitude?

La réponse à ces questions est évidemment simplifiée quand on adopte la théorie du Soleil liquide, avec laquelle il n'est point impossible de faire cadrer l'idée de la situation des taches à un certain degré d'enfoncement au-dessous du niveau général de la surface photosphérique, ainsi que nous l'avons exposé dernièrement (v. *Archives*, Sept. 1865). Il reste toutefois plusieurs points que l'une et l'autre théorie laissent encore tout à fait inexpliqués. Ainsi les périodes d'apparition des taches, étudiées par MM. Schwabe, R. Wolf, etc.; les limites des zones où elles se rencontrent de chaque côté de l'équateur solaire; l'éclaircissement de la teinte des pénombres en allant de la circonférence au centre, c'est-à-dire en s'approchant du noyau, fait si généralement observé; et d'autres encore.

Il n'est point téméraire d'espérer que les travaux si actifs

auxquels se livrent aujourd'hui les astronomes sur ce sujet, ne les fassent aboutir à quelque résultat positif. Ainsi que l'a fait récemment observer un astronome anglais, il y a eu après les études de W. Herschel une phase de stagnation relative dans l'examen de la constitution du Soleil. Les procédés si délicats auxquels l'illustre observateur avait recours pour atténuer l'éclat des rayons solaires, lui ont permis de voir dans leurs détails plusieurs phénomènes, qui ont paru nouveaux à nos contemporains. Ses successeurs, ayant abandonné ses précautions, ont généralement rétréci l'ouverture de leurs lunettes, pour inspecter cette source intense de lumière et de chaleur, et se sont fourvoyés dans une voie qui leur faisait perdre les principaux avantages de leurs instruments modernes. Ce n'est que dans les temps tout à fait récents et surtout par suite de l'invention d'oculaires spéciaux que l'étude directe du Soleil a repris un nouvel essor, et elle ne manquera pas de porter ses fruits. Nous en attendons infiniment plus que de toutes tentatives photographiques, recommandées par certains théoriciens, mais qui, dans l'espèce, peuvent induire la science dans une voie semée d'écueils et de nombreuses chances d'erreur. EMILE GAUTIER.

PHYSIQUE.

PAUL DE SAINT-ROBERT. PRINCIPES DE THERMODYNAMIQUE. Turin, 1865.

Pendant longtemps ceux qui voulaient connaître les principes de la théorie mécanique de la chaleur ont été obligés de recourir aux travaux originaux épars dans divers recueils périodiques. Maintenant que cette théorie, forte de l'assentiment universel, a conquis sa place légitime parmi les branches de la physique, et même tend à les dominer et à en devenir le lien, le besoin de pouvoir l'étudier d'une manière complète, mais sans recherches fastidieuses, s'en fait généralement sentir et a donné naissance dans ces dernières an-

nées à plusieurs traités spéciaux où les travaux de MM. Joule, Clausius, Thomson, Rankine, etc., ont été coordonnés dans un but didactique. Celui dont nous allons présenter une courte analyse est le dernier venu et nous croyons pouvoir le recommander à nos lecteurs.

Après avoir rappelé les effets généraux de la chaleur et les propriétés des gaz et des vapeurs, l'auteur consacre le second chapitre à l'exposition des deux principes fondamentaux de la théorie mécanique. Le premier, celui de l'équivalent mécanique, est un résultat de l'expérience. Le second n'est pas un principe indépendant : M. Clausius l'avait déduit du premier combiné avec ce principe antérieur et considéré comme évident : *la chaleur ne peut passer d'elle-même d'une source plus froide à une source plus chaude.* Cet axiome est rejeté par M. de St-Robert, qui lui substitue celui-ci : *il est impossible de tirer du travail mécanique d'une source de chaleur, si on ne fait passer de la chaleur de cette source à une autre plus froide.*

La vérité de cette proposition nous semble incontestable, mais nous ne pourrons nous empêcher de faire remarquer que celle sur laquelle M. Clausius avait basé son raisonnement est d'une évidence indépendante de toute considération tenant à la théorie mécanique et qu'on n'y a fait, à l'occasion de cette théorie, aucune objection qui n'ait été pleinement réfutée.

Le chapitre III contient le développement des équations différentielles par lesquelles s'expriment les deux principes lorsque le volume et la température sont pris pour variables indépendantes. L'auteur fait à M. Rankine un utile emprunt : celui de la notion de la *fonction thermodynamique* dont la différentielle totale $d\varphi$ est donnée par la relation

$$d\varphi = \frac{dQ}{T}$$

dQ étant la qualité de chaleur empruntée par le corps quand il passe de la température (absolue) T et du volume V à

la température $T + dT$ et au volume $V + dv$. Les formes que prennent les équations différentielles, ainsi que la fonction thermodynamique, pour les deux autres systèmes de variables indépendantes sont ensuite indiquées. Les différentes espèces de chaleurs spécifiques sont définies avec la plus grande clarté. L'auteur est nécessairement conduit à envisager la *chaleur spécifique vraie* et il admet, à bon droit selon nous, que non-seulement elle est indépendante de la température, mais qu'elle demeure la même dans tous les états d'un corps. Seulement ces points très-importants, et qui peuvent n'être pas également clairs pour tout le monde, ne sont mentionnés qu'en passant et trop noyés dans les déductions algébriques. Ils méritaient cependant qu'on y insistât, ainsi que l'a fait M. Clausius dans un de ses mémoires. Quant à nous, nous pensons que cette proposition : *la chaleur spécifique vraie est pour chaque corps une quantité constante*, ne contient pas l'énoncé d'une propriété des corps, mais renferme au fond la véritable définition de la température.

Le chapitre IV contient l'application des équations générales aux gaz et aux vapeurs. On y trouvera la démonstration de cette importante propriété de la vapeur d'eau, découverte il y a quinze ans par M. Clausius et M. Rankine.

Si de la vapeur d'eau saturée sèche est enfermée dans une enveloppe imperméable à la chaleur, et qu'on l'a dilate en lui opposant une résistance à chaque instant égale à sa force élastique, une partie de la vapeur se condense. Au contraire si on comprime cette même vapeur saturée sèche, elle devient surchauffée.

Au contraire, la vapeur d'éther devient surchauffée par la dilatation et se condense par la compression.

On trouvera dans le même chapitre la théorie du déplacement du point de fusion dans l'influence de la compression.

Le chapitre V contient la théorie de la dilatation d'un fluide élastique dans une enveloppe imperméable à la chaleur, lorsque cette dilatation est accompagnée d'une production de

travail extérieur, ou lorsqu'elle a lieu librement comme dans l'expérience des deux réservoirs, due à M. Joule. Lorsque la dilatation de la vapeur d'eau saturée et mouillée s'opère dans cette dernière condition, une partie de l'eau liquide mélangée à la vapeur se vaporise.

On trouvera dans le chapitre VI l'étude de l'écoulement des fluides faite conformément aux principes de la théorie mécanique. En particulier l'auteur montre comment on doit déterminer l'écoulement de la vapeur et de l'eau contenues dans une chaudière, ce qui nous semble devoir être utile pour la théorie de l'injecteur Giffard.

Dans le chapitre VII, entièrement dû aux recherches de l'auteur, celui-ci montre comment la théorie mécanique de la chaleur s'applique au calcul des effets des bouches à feu. Il y rectifie l'explication donnée de ce fait, découvert par Rumford, que le tir avec projectile échauffe moins une arme à feu que le tir sans projectile. Dire, comme précédemment, que la quantité de chaleur qui se transforme, dans le premier cas, dans la force vive du projectile, reste, dans le second, à l'état de chaleur, est une explication tout à fait superficielle. En réalité la chaleur due à la combustion se transforme intégralement dans la force vive des gaz. Dans le cas du tir avec projectile une partie de cette force vive est prise par le projectile, le reste seulement s'anéantit en redevenant de la chaleur; et, dans l'autre cas, la totalité de cette force vive redevient de la chaleur, quand même cette transformation s'accomplit en partie dans l'air, on comprend que l'arme y puisse gagner plus de chaleur que lorsqu'une fraction seulement de la chaleur est régénérée. Une circonstance qui doit favoriser la localisation dans l'arme de la chaleur reproduite est la présence d'un projectile vers la bouche de l'arme. Des expériences suggérées par M. de St-Robert ont montré que dans ce cas l'échauffement est encore plus grand que dans le tir sans projectile. Ce phénomème est inconciliable avec l'ancienne explication.

Le chapitre VIII et dernier contient des considérations très-générales, mais parfaitement claires et exactes sur les machines caloriques.

En résumé, nous ne pouvons que conseiller, aux personnes curieuses de s'initier à la nouvelle théorie de la chaleur, la lecture de l'ouvrage de M. de St-Robert, ouvrage qui, par le travail très-sérieux dont il porte l'empreinte et par les exemples numériques dont il est enrichi, nous paraît fort supérieur à une simple compilation. A. A.

M. A. Morren. Conductibilité électrique des gaz sous de faibles pressions. (*Ann. de Chimie et de Physique*, 4me série, t. IV, p. 325.)

M. Morren rappelle les essais que j'ai faits sur la détermination de la conductibilité électrique de l'azote et de l'hydrogène[1], sujet dont il s'était déjà occupé, et il fait connaître les résultats auxquels il est lui-même parvenu, soit sur ces deux gaz, soit sur d'autres.

L'auteur entre dans des détails circonstanciés sur les procédés qu'il a employés dans ses expériences ; je me bornerai à rappeler que celui dont il a surtout fait usage consiste à se servir pour raréfier les gaz d'un aspirateur à mercure muni de deux manomètres, l'un à mercure, l'autre à acide sulfurique, qui permettent d'estimer aisément à $^1/_{10}$ de millimètre près de mercure, la pression supportée par le gaz.

L'électricité est fournie par une bobine de Ruhmkorff mise en action par quatre couples de Bunsen, et l'intensité du courant est mesurée par un galvanomètre formé d'un fil de cuivre de 25 mètres de longueur et de $^1/_{10}$ de millimètre de diamètre. On raréfie lentement le gaz de manière à saisir le moment de la première déviation, et on note à chaque mo-

[1] Voyez les *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.* d'avril 1863, et les *Mémoires de la Société de Phys. et d'Hist. natur. de Genève*, tome XVII (1re partie), p. 59.

ment avec précision la force élastique du gaz et la déviation galvanométrique. Pour comparer plus sûrement les résultats obtenus dans les différents gaz, l'auteur a dû construire et vérifier souvent la table des rapports des forces aux déviations galvanométriques.

M. Morren est parvenu ainsi à dresser un tableau comparatif de la conductibilité électrique de quelques gaz, qui pour chaque gaz renferme l'indication de la pression, celle de la déviation du galvanomètre et celle de la force du courant correspondant à cette déviation. Jusqu'à 36° de déviation, les forces sont représentées par les mêmes nombres que les déviations : mais à partir de 36°, elles croissent bien plus rapidement que les déviations.

Ainsi pour 66°,2 de déviation, maximum de déviation obtenue par l'hydrogène à 2^{mm} de pression, on a une force de 174 et ainsi de suite.

On sait que l'un des caractères singuliers que présentent les gaz raréfiés, c'est la bande noire et privée de lumière qui se trouve à la suite de l'électrode négative. Cette longueur est souvent variable dans des circonstances en apparence les mêmes ; toutefois l'auteur a pu déterminer les longueurs suivantes dans différents gaz à une pression comprise entre 1 millimètre et 0^{mm},5 :

Hydrogène	40^{mm}
Azote	35
Oxygène.	64
Acide carbonique	19
Oxyde de carbone . . .	42

La couleur du jet est très-variable, et la nature du verre dont est formé le tube dans lequel est renfermé le gaz exerce une grande influence sur la couleur que présentent les différents gaz. Toutefois l'auréole qui entoure l'électrode négative est peu variable et permet par ses variations mêmes de reconnaître la stabilité plus ou moins grande de quelques gaz, particulièrement des gaz composés.

Un fait signalé par M. Morren et qui paraît assez curieux, c'est que l'oxygène, quand il est pur, et la vapeur de mercure ne donneraient pas de stratifications.

Il résulte des chiffres renfermés dans le tableau donné par M. Morren que la conductibilité commence pour chaque gaz à des moments bien différents sous le rapport de la pression. Ainsi le courant commence à passer approximativement [1]

Dans l'hydrogène	à 60^{mm}	de pression.
Dans l'acide carbonique	à 39 »	»
Dans l'air	à 29 »	»
Dans l'azote et l'oxygène	à 23 »	»

On voit aussi d'après le même tableau qu'il existe pour chaque gaz une force élastique à laquelle la conductibilité électrique est à son maximum. Ainsi ce maximum est :

Pour l'hydrogène	174	et a lieu	sous	la pression	de $2^{mm},0$ [2]
Pour l'oxygène	174	»	»	»	de $0^{mm},7$
Pour l'air atmosphérique. .	172	»	»	»	de $0^{mm},7$
Pour l'acide carbonique . .	168	»	»	»	de $0^{mm},8$
Pour l'azote.	162	»	»	»	de $1^{mm},0$

A partir de la pression à laquelle la conductibilité est à son maximum, celle-ci diminue avec cette pression, mais très-lentement. Ainsi à la pression de $0^{mm},1$ la conductibilité est encore de

150 pour l'air atmosphérique.
120 pour l'hydrogène.
110 pour l'acide carbonique.
110 pour l'azote.
86 pour l'oxygène.

[1] Ces nombres doivent varier sensiblement avec la longueur et le diamètre de l'espace occupé par le gaz raréfié, ainsi qu'avec la nature et la forme des électrodes. (R.)

[2] De 2 à 1 millim. de pression l'intensité ne change presque pas, puisque à 1 millim. de pression elle est encore de 173.

ment avec précision la force élastique du gaz et la déviation galvanométrique. Pour comparer plus sûrement les résultats obtenus dans les différents gaz, l'auteur a dû construire et vérifier souvent la table des rapports des forces aux déviations galvanométriques.

M. Morren est parvenu ainsi à dresser un tableau comparatif de la conductibilité électrique de quelques gaz, qui pour chaque gaz renferme l'indication de la pression, celle de la déviation du galvanomètre et celle de la force du courant correspondant à cette déviation. Jusqu'à 36° de déviation, les forces sont représentées par les mêmes nombres que les déviations : mais à partir de 36°, elles croissent bien plus rapidement que les déviations.

Ainsi pour 66°,2 de déviation, maximum de déviation obtenue par l'hydrogène à 2^{mm} de pression. on a une force de 174 et ainsi de suite.

On sait que l'un des caractères singuliers que présentent les gaz raréfiés, c'est la bande noire et privée de lumière qui se trouve à la suite de l'électrode négative. Cette longueur est souvent variable dans des circonstances en apparence les mêmes ; toutefois l'auteur a pu déterminer les longueurs suivantes dans différents gaz à une pression comprise entre 1 millimètre et $0^{mm},5$:

Hydrogène	40^{mm}
Azote	35
Oxygène.	64
Acide carbonique	19
Oxyde de carbone . . .	42

La couleur du jet est très-variable, et la nature du verre dont est formé le tube dans lequel est renfermé le gaz exerce une grande influence sur la couleur que présentent les différents gaz. Toutefois l'auréole qui entoure l'électrode négative est peu variable et permet par ses variations mêmes de reconnaître la stabilité plus ou moins grande de quelques gaz, particulièrement des gaz composés.

Un fait signalé par M. Morren et qui paraît assez curieux, c'est que l'oxygène, quand il est pur, et la vapeur de mercure ne donneraient pas de stratifications.

Il résulte des chiffres renfermés dans le tableau donné par M. Morren que la conductibilité commence pour chaque gaz à des moments bien différents sous le rapport de la pression. Ainsi le courant commence à passer approximativement [1]

Dans l'hydrogène	à 60^{mm}	de pression.
Dans l'acide carbonique	à 39 »	»
Dans l'air	à 29 »	»
Dans l'azote et l'oxygène	à 23 »	»

On voit aussi d'après le même tableau qu'il existe pour chaque gaz une force élastique à laquelle la conductibilité électrique est à son maximum. Ainsi ce maximum est :

Pour l'hydrogène	174	et a lieu sous	la pression		de 2^{mm},0 [2]
Pour l'oxygène	174	»	»	»	de 0^{mm},7
Pour l'air atmosphérique. .	172	»	»	»	de 0^{mm},7
Pour l'acide carbonique . .	168	»	»	»	de 0^{mm},8
Pour l'azote.	162	»	»	»	de 1^{mm},0

A partir de la pression à laquelle la conductibilité est à son maximum, celle-ci diminue avec cette pression, mais très-lentement. Ainsi à la pression de 0^{mm},1 la conductibilité est encore de

150 pour l'air atmosphérique.
120 pour l'hydrogène.
110 pour l'acide carbonique.
110 pour l'azote.
86 pour l'oxygène.

[1] Ces nombres doivent varier sensiblement avec la longueur et le diamètre de l'espace occupé par le gaz raréfié, ainsi qu'avec la nature et la forme des électrodes. (R.)

[2] De 2 à 1 millim. de pression l'intensité ne change presque pas, puisque à 1 millim. de pression elle est encore de 173.

M. Morren attache avec raison un intérêt tout particulier aux conductibilités électriques de l'azote, de l'oxygène et de l'air atmosphérique, vu qu'il est bien probable que c'est dans la couche de conductibilité maximum que se passent, avec tout leur éclat, les phénomènes de lumière électrique dont l'atmosphère est le théâtre. Or cette couche dont la force élastique serait de 1^{mm} devrait d'après la loi de Mariotte être à une hauteur de 8000 mètres et avoir une épaisseur de 8000 mètres également : ce serait la zone du phéonomène de l'aurore boréale [1].

M. Morren termine son travail par quelques remarques, en particulier sur les précautions à prendre pour éviter l'influence de l'humidité, et sur la nécessité, à cause de l'emploi des tubes de verre, d'opérer pendant un temps très-sec, ou du moins d'avoir, pour toutes les expériences, un état hygrométrique de l'atmosphère identique.

Il donne aussi quelques détails sur les essais qu'il a faits pour déterminer la conductibilité des gaz composés que le courant décompose. Leur conductibilité est en général très-faible et commence tard. Ainsi l'oxyde de carbone ne commence à laisser passer le courant qu'à la pression de 11 millimètres, l'hydrogène carboné à la pression de 16, l'acide sulfureux à celle de 5. Pour ce dernier gaz la déviation maximum est de 54° et a lieu à 2 millimètres de pression et descend ensuite rapidement. Le cyanogène ne commence non plus à laisser passer le courant qu'à 5^{mm} de pression ; à 4^{mm} la déviation est déjà de 7°, à 3^{mm} de 21°, puis elle monte rapidement à 38 à 45 et même à 49°. Il s'opère alors une puissante réaction accompagnée d'une modification sensible dans la teinte ; à partir du moment où la teinte se modifie, les stratifications apparaissent avec une délicatesse extrême, se propageant de l'électrode négative à la positive avec un mouve-

[1] Je suis disposé à croire, par plusieurs motifs que j'ai exposés dans divers mémoires sur l'Aurore boréale, que cette hauteur et cette épaisseur sont beaucoup plus considérables. (R.)

ment ondulatoire magnifique. Les apparences lumineuses que présente la propagation de l'électricité dans le cyanogène raréfié sont très-brillantes et mériteraient d'être étudiées de très-près.

Du reste toute la question de la propagation de l'électricité dans les fluides élastiques raréfiés exige encore, pour être éclaircie, de nombreuses et persévérantes recherches. Mais on doit savoir grand gré à M. Morren d'avoir apporté à cette étude un contingent important de travaux remarquables.

A. D. L. R.

L. FOUCAULT. NOUVEL APPAREIL RÉGULATEUR DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences* du 26 décembre 1865.)

On sait que M. Foucault est un des premiers physiciens qui ait eu l'idée de combiner la puissance électro-magnétique et le pouvoir éclairant du courant électrique, de façon à construire des appareils automatiques, c'est-à-dire qui se règlent d'eux-mêmes et donnent ainsi une lumière d'une intensité constante. Dès lors plusieurs systèmes différents fondés sur la même base ont été proposés; mais ils ont tous plus ou moins l'inconvénient de présenter quelque irrégularité dans leur marche.

M. Foucault est un des rares savants chez qui se trouvent réunies les connaissances variées et solides du physicien et l'aptitude ou plutôt ce que j'appellerai le génie de la mécanique. Il a déjà plus d'une fois mis à profit cette double qualité et il en donne une preuve de plus dans la construction d'un nouvel appareil régulateur de la lumière électrique.

Nous nous bornons à reproduire textuellement la communication que M. Foucault a faite à l'Académie sur ce sujet :

« J'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie un nouvel appareil régulateur de la lumière électrique qui a été

construit avec le plus grand soin par M. J. Duboscq et qui réalise en toute perfection les indications que je lui ai fournies.

« En janvier 1849, l'Académie a reçu communication d'un premier instrument que j'avais disposé pour opérer mécaniquement le rapprochement des charbons lumineux.

« Le nouvel appareil que je présente aujourd'hui est caractérisé par la propriété de maintenir les charbons polaires à la distance voulue en opérant automatiquement l'avance ou le recul suivant que cette distance devient accidentellement trop petite ou trop grande.

« Le principe consiste à placer les charbons sous l'action de deux rouages respectivement affectés à les faire mouvoir dans un sens ou dans l'autre. Les derniers mobiles de ces deux rouages en regard l'un de l'autre sont mis en rapport avec une même détente d'électro-aimant, qui s'inclinant à droite et à gauche laisse défiler l'un ou l'autre rouage, et qui dans la position intermédiaire les tient tous les deux enrayés. Mais pour faire en sorte que ces deux rouages mis en mouvement par deux forces distinctes puissent agir sans confli sur les porte-charbons en se subordonnant l'un à l'autre, on est conduit à recourir au rouage planétaire si utile en pratique pour faire la somme ou la différence de deux mouvements indépendants. Les deux rouages sont donc reliés par un système à roue satellite qui leur permet d'agir isolément dans leurs sens respectifs.

« Cette combinaison, qui semble résoudre la principale difficulté, exige pourtant comme complément indispensable que l'on apporte une modification à la détente placée sous l'action de l'électro-aimant. L'armature en fer doux, disposée comme elle l'est ordinairement, se trouve par rapport aux forces qui la sollicitent dans un état d'équilibre instable, obligée de se précipiter sur l'un ou sur l'autre des arrêts qui limitent sa course, sans pouvoir jamais séjourner entre eux. Un pareil état de choses aurait amené dans l'appareil une

perpétuelle oscillation du fonctionnement alternatif des deux rouages.

« Pour éviter cet inconvénient, j'ai eu recours au répartiteur de M. Robert-Houdin, par lequel on rend plus ou moins stable à volonté l'équilibre de l'armature. Au lieu d'agir directement sur celle-ci, le ressort antagoniste de l'attraction magnétique s'applique à l'extrémité d'une pièce articulée en un point fixe, et dont le bord façonné suivant une courbe particulière presse en roulant sur un prolongement de l'armature qui représente ainsi un levier de longueur variable.

« On voit alors l'armature rester flottante entre les deux arrêts, et sa position est à chaque instant l'expression de l'intensité du courant de la pile. Tant que cette intensité conserve la valeur voulue et corrélative de la distance gardée entre les charbons polaires les rouages sont maintenus au repos tous les deux, et ils ne se mettent l'un ou l'autre en marche qu'au moment où le courant devient trop fort ou trop faible.

« Comme on le voit, cette solution de la question posée diffère essentiellement de celle qui consistait à suspendre un des charbons sur l'armature elle-même, car ici la fonction du recul s'exerce avec la même amplitude que l'autre, et, loin de compromettre la fixité du point lumineux, elle assure la stabilité de la lumière produite en rendant presque insensibles les variations de la distance interpolaire. »

A. DE LA R.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Félix PLATEAU. SUR LA FORCE MUSCULAIRE DES INSECTES. (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique.*)

Après l'invention de son dynamomètre, Régnier fit un assez grand nombre d'expériences dans le but de mesurer la

force de l'homme et celle du cheval ; M. Quetelet, à qui l'on doit de si beaux travaux sur cette matière, prit l'homme seul comme sujet de ses recherches ; mais la mesure de la force chez les invertébrés paraît n'avoir jamais attiré l'attention des physiologistes. M. Félix Plateau a essayé de combler en partie cette lacune par une suite d'expériences sur les insectes, en se restreignant à trois ordres de faits : la force de traction, la force de poussée chez les insectes fouisseurs, et enfin la force employée pour soulever un poids en volant.

Voici en résumé la manière dont il procède : pour obtenir la force de traction, il oblige l'insecte à tirer horizontalement un fil passant sur une poulie et portant à son extrémité libre des poids qu'on augmente graduellement jusqu'à faire équilibre aux efforts de l'animal. L'auteur n'a soumis à la poussée que les insectes franchement fouisseurs : l'individu mis en expérience agit sur l'une des extrémités d'un levier horizontal mobile autour d'un axe vertical et dont l'autre extrémité soulève des poids à l'aide d'un fil passant sur une poulie, comme dans le cas précédent. Enfin pour mesurer la force développée dans le vol, l'auteur, imitant ce qui a lieu dans la nature à l'égard des abeilles lorsqu'elles transportent du pollen, attache aux deux pattes postérieures de l'insecte une petite masse de cire, d'abord trop lourde, qu'il diminue ensuite par degrés. Dans ces trois cas, la force musculaire d'une espèce est représentée par le rapport entre la moyenne des poids maxima déplacés individuellement par un certain nombre d'insectes de l'espèce en question, et le poids moyen de ces insectes.

M. Félix Plateau tire des résultats de ses expériences les conclusions suivantes :

1° *A part le cas du vol, les insectes ont, par rapport à leur poids, une force énorme comparativement aux vertébrés.* C'est là un fait vaguement entrevu déjà, comme le montre cette phrase de Pline :

In his tam parvis, atque tam nullis, quæ ratio, quanta vis, quam inextricabilis perfectio!

Mais ce fait est mis complétement en lumière dans le mémoire que nous résumons. En effet, tandis qu'il résulte des expériences entreprises sur le cheval de gros trait que ce dernier ne peut tirer, pendant quelques instants, qu'environ les deux tiers de son poids, M. Félix Plateau trouve que le hanneton commun, par exemple, exerce en moyenne un effort de traction égale à 14 fois son poids, et que d'autres insectes ont une force bien plus grande encore : ainsi il a constaté que l'effort maximum moyen exercé par la *Donacia nymphеæ* atteint 42 fois le poids de l'animal.

2° Les poids des insectes et les rapports qui donnent la mesure de leur force, sont liés entre eux par une loi qui semble générale ; voici cette loi qui se manifeste aussi bien pour le vol que pour la traction et la poussée : *Dans un même groupe d'insectes, si l'on a soin de considérer deux espèces qui diffèrent notablement en poids, la plus petite, la plus légère, présente la force la plus grande.*

M. Félix Plateau trouve par l'examen comparatif des dimensions des membres locomoteurs chez presque toutes les espèces soumises à ses essais, que les volumes des muscles de ces organes décroissent, pour la plupart des cas, dans une proportion plus rapide que celle des poids ; il pense, d'après cela, que la force plus grande des petites espèces doit être attribuée à une plus grande part d'activité ou d'énergie musculaire. Il cherche ensuite à montrer que la cause de cette différence en faveur des insectes de petite taille est en dehors des considérations anatomiques ou physiologiques ; en effet, les résistances à vaincre pour les insectes sont à peu près les mêmes pour les grandes et pour les petites espèces ; telles sont la dureté du sol à l'égard des insectes fouisseurs, les objets qui gênent le passage dans la simple locomotion, l'inertie de l'air dans le vol ; or, à moins de donner aux premières un excès de force inutile, ou de déshériter fatalement

les secondes. la nature devait attribuer aux plus petites une énergie musculaire plus grande [1]. P. F.

Elias MECZNIKOW. UEBER DIE ENTWICKLUNG, etc. SUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'ASCARIS NIGROVENOSA. (*Archiv für Anat und Phys.*, 1865, p. 409.) — Rud. LEUCKART. HELMINTHOLOGISCHE MITHEILUNGEN. NOTES HELMINTHOLOGIQUES. (*Archiv für Heilkunde*, 1865, p. 195.)

Le développement des vers nématodes a passé jusqu'à il y a peu d'années pour être fort simple. Les recherches simultanées de MM. Leuckart et Virchow ont montré pour la première fois que les Trichines sont soumises à des migrations comparables à celles des vers Trématodes et Cestoïdes. Il était encore réservé à M. Leuckart. ce prince des helminthologistes et à l'un de ses élèves M. Mecznikow. dont la sagacité paraît digne de celle du maître, de montrer que bien des Nématodes présentent des phénomènes de développement aussi remarquables que les Trichines.

Les observations et les expériences que nous mentionnerons en premier lieu concernent l'*Ascaris nigrovenosa*, parasite bien connu des poumons de la grenouille brune. Les embryons éclos des œufs de ce vers ne tardent pas à perforer les parois de l'estomac de la grenouille et vont s'accumuler par centaines dans le rectum. Ces jeunes individus ne ressemblent point à leur mère, mais offrent

[1] Relativement à ce dernier point, nous ferons observer que le rapport entre la force motrice d'un animal et la masse de son corps est d'autant plus défavorable que l'animal est plus gros. C'est ce qui a été démontré en particulier avec soin par M. Bergmann. Le poids du corps augmentant suivant le cube, la force motrice mesurée par la section des muscles ne croît que suivant le carré. Cette considération rend compte au moins en partie de la plus grande énergie des petites espèces. E. C.

plutôt tous les caractères du genre connu sous le nom de Rhabditis ou Diplogaster. MM. Mecznikow et Leuckart ont imaginé de placer ces petits vers dans de la terre humide. Ils les ont vu alors croître rapidement et atteindre la maturité sexuelle dans un laps de temps variant d'une journée en été jusqu'à une semaine et davantage en hiver. Les individus femelles, après avoir été fécondés par les mâles, ne tardent pas à laisser voir un développement des œufs dans l'intérieur de leur matrice, le nombre de ces derniers est du reste peu considérable, n'excédant pas quatre en été et deux en hiver. Les embryons éclosent dans la matrice même où ils s'agitent vivement, au point de déterminer la destruction de ses parois : ils se trouvent alors libres dans la cavité du corps de la mère. Cette destruction des tissus maternels ne reste pas bornée à la matrice et à tout l'appareil générateur, mais gagne bientôt le système digestif et le système musculaire. La mère, privée de vie, ne représente plus qu'un sac vermiforme encore agité par le mouvement des embyrons inclus. Aussi longtemps que les embryons sont renfermés dans le corps de la mère, ils conservent comme elle les caractères du genre Rhabditis. Cette forme persiste même des semaines entières après que ces petits ont déchirés l'enveloppe maternelle. Ils habitent alors la vase ou l'eau et pénètrent occasionnellement dans des mollusques (Physes, Paludines). Enfin, une partie d'entre eux du moins pénètrent dans les grenouilles brunes, se frayent un chemin jusqu'au poumon, perdent les caractères de Rhabditis et les échangent contre ceux de l'Ascaris nigrovenosa. Chose remarquable, ces jeunes individus, en se développant, produisent sans exception des individus femelles et il ne paraît pas qu'on ait jamais observé de mâles de cette espèce. Le mode de reproduction de cette Ascaride est donc très-particulier : la forme adulte est celle d'une Ascaride femelle donnant, par parthénogénèse, naissance à une génération de Rhabditis sexuelle et de petite taille, qui donne à son tour naissance,

après fécondation, à une seconde génération de Rhabditis destinée à se transformer en Ascarides femelles de la forme primitive.

Un autre mode de reproduction tout aussi intéressant a été étudié expérimentalement par les mêmes auteurs : c'est celui du *Cucullanus elegans*, parasite très-commun des appendices pyloriques de la perche. Les femelles de ce nématode engendrent des petits vivants qu'on trouve par milliers, débarrassés des enveloppes de l'œuf, dans l'appareil éducateur de la mère. Ces embryons poursuivent leur développement dans le corps des Cyclopes ou quelquefois des larves de Libellulides. M. Leuckart en répandant ces embryons dans un aquarium, a vu déjà au bout de peu d'heures les Cyclopes infestés par eux. C'est par la bouche qu'ils semblent pénétrer dans le corps de ces petits crustacés. Aussi les trouve-t-on d'abord dans le canal digestif et plus tard seulement dans la cavité générale du corps, où ils s'agitent vivement entre les faisceaux musculaires et les viscères. Leur nombre est parfois d'une douzaine, et, dans un cas, M. Leuckart en a compté jusqu'à trente-quatre dans un seul et même Cyclope. Peu à peu le mouvement des jeunes Cucullans devient plus lent, et à mesure qu'ils grandissent leurs formes se modifient, en se rapprochant par degrés de celles de leurs parents, auxquelles elles ne ressemblaient que fort peu dans le principe. Cependant la dernière phase de leur métamorphose ne s'opère que dans l'intérieur des perches. Il faut donc, pour que les jeunes Cucullans arrivent à leur développement définitif, que les Cyclopes infestés soient avalés et digérés par les perches. Sans présenter d'alternance de génération comme l'*Ascaris nigrovenosa*, les Cucullans n'en sont donc pas moins soumis à une migration nécessaire pour parcourir le cycle complet de leur développement.

Telles sont les observations les plus complètes et partant les plus intéressantes faites par MM. Leuckart et Mecznikow. Mais, pour un grand nombre d'autres espèces, M. Leuckart

prouve l'existence de migrations positives ou bien de phénomènes de métamorphose inattendus. Il décrit en particulier un Strongyle vivipare, parasite de la muqueuse stomacale du chat, auquel il donne le nom d'*Ollulanus tricuspis*. On trouve en foule les uns à côté des autres les adultes et les embryons. Ces derniers ne tardent pas à quitter l'estomac, les uns pour gagner immédiatement l'extérieur avec les excréments, les autres pour émigrer comme les embryons de Trichine dans le corps de leur hôte et s'y enkyster. Les plèvres, le diaphragme, le foie, les poumons du chat infesté sont souvent remplis de ces kystes au point de simuler une tuberculisation miliaire. Les embryons enkystés ne sont point appelés comme ceux des Trichines à revêtir une forme larvaire : ils ne tardent pas à périr et à se décomposer. Leur migration et leur enkystement ne paraissent donc être que des accidents dans leur vie de parasites. Les embryons expulsés avec les matières fécales paraissent être seuls appelés à un développement ultérieur. M. Leuckart a essayé de faire manger à des souris des aliments mêlés à une grande quantité de jeunes Ollulans. Les souris mises ainsi en expérience ne tardèrent pas à montrer tout leur système musculaire infesté de petits vers enroulés et enkystés très-semblables à des larves de Trichines. Lorsque la chair de souris, infestée de petits embryons, vient à être mangée par un chat, les vers sortent de leurs kystes et continuent de vivre libres dans le canal digestif du chat. M. Leuckart n'a pas encore, il est vrai, poursuivi ces jeunes vers jusqu'à maturité sexuelle, mais il en a vu assez pour montrer que le cycle de développement des Ollulans est celui que nous venons d'esquisser.

Un exemple de développement plus simple chez les nématodes est fourni par un petit ver auquel M. Diesing donne le nom de *Trichina cyprinorum*, bien qu'il n'appartienne pas au genre trichine. Ce petit nématode habite des kystes du mésentère et du foie, très-fréquents chez l'ablette *(Leuciscus alburnus)*. Le même ver non adulte se retrouve dans des

follicules modifiés de la muqueuse de l'estomac du brochet et à l'état libre, mais de taille plus grande, dans le canal intestinal du même poisson. Là M. Leuckart a pu s'assurer que ce ver se transforme en ascaride du brochet *(Ascaris acus)*. Dans l'ablette ce nématode conserve indéfiniment sa forme larvaire, tandis qu'il atteint sa forme définitive dans l'intestin du brochet.

Les vers connus sous le nom de trichines des taupes, et qu'on a confondus à tort avec les trichines du porc, puisque, selon M. Leuckart, ce seraient de jeunes ascarides, ces vers, disons-nous, sont aussi soumis à une migration nécessaire dont le cycle est encore à découvrir. On sait seulement, d'après les observations de M. Herbst et de M. Leuckart, que lorsque des taupes infestées de ces petits vers sont avalées par des busards, des corbeaux, etc., etc., la chair musculaire de ces oiseaux ne tarde pas à être infestée à son tour.

Un exemple de simple métamorphose, avec migration et parasitisme chez une seule espèce d'animal, nous est fourni d'après M. Leuckart, par un petit strongylide voisin de l'anchylostome duodénal de l'homme, savoir le *Dochmius trigonocephalus* de l'intestin du chien. Les œufs de ce nématode, après être arrivés à l'extérieur, se développent et éclosent dans la terre humide. Les jeunes individus appartiennent au genre Rhabditis. Ils mangent, croissent, muent et restent enfin stationnaires dans leur développement. Mais si on les fait avaler par des chiens, ils continuent leur évolution dans l'intestin de ces animaux et ne tendent point à prendre la forme de Dochmius définitive.

Nous renvoyons au mémoire de M. Leuckart pour des indications nombreuses relatives au développement plus ou moins complexe de nombreuses autres espèces.

Prof. LEUCKART. UEBER MUTHMASSLICHE, etc. SUR L'EXISTENCE PROBABLE D'YEUX ACCESSOIRES CHEZ UN POISSON. *(Bericht über die Versamml. der deutsch. Naturf. und Aerzte,* 1865, p. 153.)

On sait depuis longtemps que le corps de certains Scopélinides est couvert de taches pigmentaires très-éclatantes, groupées avec plus ou moins de régularité. Jusqu'ici ces taches n'avaient pas été étudiées avec soin; mais aujourd'hui M. Leuckart, après les avoir examinées anatomiquement chez une espèce *(Chauliodus Sloani)*, cherche à leur donner la signification d'organes visuels accessoires. Ce serait là certes une découverte bien inattendue chez un vertébré, d'autant plus que le nombre de ces yeux s'élève à plus d'un millier, disséminés soit sur l'hyoïde et ses dépendances, soit sur la tête et le ventre où ils forment deux rangées longitudinales parallèles. L'opinion de M. Leuckart se base sur la structure anatomique des organes en question. Ils ont en effet la forme de petits cylindres dont la moitié antérieure est occupée par un corps sphérique très-semblable à un cristallin. En arrière se trouve une espèce de corps vitré. La couche de pigment qui enveloppe cette espèce de bulbe oculaire offre un éclat argentin et une structure identique à celle du tapis de l'œil des plagiostomes. Il est vrai qu'il n'a pas été possible de reconnaître au nerf de l'organe d'expansion membraneuse jouant le rôle de rétine, mais il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'observations faites sur un animal conservé dans l'alcool. Le genre Stomias présente des organes tous semblables. Ce genre a été classé jusqu'ici parmi les Esoces, mais à tort selon M. Leuckart : il doit être réuni aux Scopelinides. Quoi qu'il en soit de ces curieuses observations, elles sont bien dignes de diriger l'attention des naturalistes sur ce groupe de poissons remarquable.

A.-Edouard PICTET. SYNOPSIS DES NÉVROPTÈRES D'ESPAGNE. Paris et Genève, 1865.

Cet ouvrage, qui nous a paru exécuté avec soin, est trop spécial pour que nous puissions en donner une analyse détaillée. Il contient les résultats d'un voyage entomologique fait en 1859, en Espagne, par MM. Pictet et Meyer. L'auteur a cherché en outre à réunir tous les matériaux connus, propres à établir la faune névroptérologique de l'Espagne. Après une brève indiction des principales localités explorées, il donne la diagnose de toutes les espèces de névroptères actuellement connues comme habitant l'Espagne, et la description plus détaillée et la figure de celles qui étaient inconnues jusqu'ici. La faune névroptérologique d'Espagne se compose maintenant de 142 espèces. Il est probable que cette estimation n'est à peu près suffisante que pour les *Odonates* et les *Hemerobines*; ces deux familles comprenant entre elles 97 espèces, et il est évident que les chiffres indiqués pour les autres familles, surtout pour les *Psocines* et les *Phryganides*, sont loin d'approcher de la réalité. — Un exposé de la *distribution géographique* de ces mêmes espèces dans les autres pays termine cet ouvrage, qui est accompagné de 14 planches fort bien exécutées par M. Nicolet.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1865.

Du 20 au 29 de ce mois inclusivement, le brouillard a duré sans interruption, avec quelques variations dans l'intensité seulement; le dépôt de givre a atteint à la fin de cette période une épaisseur de 10 à 15 millimètres, et lorsque, le 30 au matin, il est tombé des arbres, il formait une couche assez épaisse, comme s'il avait neigé. La pluie, qui est tombée le 30 sur la terre gelée, a formé un fort verglas.

Le 30, couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.

Le 31, brouillard le matin; faible halo solaire dans l'après-midi, couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.

La comparaison de la température observée à Genève et au St.-Bernard présente à un très-haut degré l'anomalie, qui a lieu quelquefois dans cette saison, savoir une température plus élevée au St.-Bernard qu'à Genève; cette anomalie s'est présentée pendant cette période de 10 jours, pendant lesquels un brouillard épais régnait à Genève, tandis qu'au St.-Bernard le ciel était parfaitement serein. Dans les jours précédents le ciel était également clair au St.-Bernard, et le plus souvent couvert à Genève, la couche de nuages étant très-basse, sans cependant atteindre le sol. Il ne sera peut-être pas sans intérêt de donner pour ce mois, de jour en jour, la différence entre la température moyenne des 24 heures à Genève et au St.-Bernard.

Différences entre la température moyenne à Genève et au St.-Bernard, en décembre 1865.

	°		°		°
Le 1er	+ 8,86	le 11	+ 5,99	le 21	+ 1,33
2	+ 9,56	12	+ 10,90	22	— 2,26
3	+ 9,72	13	+ 13,82	23	— 4,18
4	+ 7,84	14	+ 9,15	24	— 2,22
5	+ 8,98	15	+ 13,54	25	— 1,34
6	+ 12,13	16	+ 9,03	26	+ 0,24
7	+ 10,83	17	+ 6,16	27	— 0,10
8	+ 7,11	18	+ 6,22	28	+ 1,24
9	+ 8,00	19	+ 3,48	29	+ 2,63
10	+ 2,61	20	+ 2,92	30	+ 9,46
				31	+ 8,74

Ainsi, pendant les 6 jours, du 22 au 27, la température a été en moyenne de 1°,64 plus élevée au St-Bernard qu'à Genève ; du 22 au 25, le thermomètre s'élevait au-dessus de 0 au St.-Bernard, et même le 23, la température ne s'est pas abaissée au-desous de 0 et le maximum a atteint + 4°, tandis que le thermomètre restait constamment au-dessous de 0 à Genève.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 1er à 10 h. matin...	727,50
10 à 10 h. matin...	742,20
16 à 10 h. matin...	738,59
21 à 8 h. soir	738,82
25 à 10 h. matin...	740,43
31 à 10 h. matin...	734,54

MINIMUM.

	mm
Le 4 à 4 h. après-m..	717,03
13 à 2 h. après-m..	732,54
19 à 2 h. après-m..	732,89
22 à 2 h. après-m..	735,68
30 à 6 h. matin ...	723,32

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°		pouces
1	726,69	— 0,07	+ 4,97	+2,67	+ 4,0	+ 8,0	6,36	+1,82	989	+133	960	1000	11,7	17	NNE. 1	1,00	9,6	+ 1,6	36,8
2	723,35	— 3,44	+ 5,36	+3,19	+ 4,2	+ 6,3	6,08	+1,58	914	+ 58	820	970	0,3	1	NNE. 1	1,00	9,1	+ 1,2	38,5
3	721,77	— 5,05	+ 5,42	+3,38	+ 5,0	+ 6,3	5,98	+1,52	900	+ 43	850	950	...	..	NNE. 1	1,00	...	.....	39,0
4	717,67	— 9,18	+ 3,85	+1,93	+ 3,2	+ 5,3	5,51	+1,09	917	+ 60	840	950	8,2	6	SSO. 1	1,00	8,8	+ 1,1	39,5
5	723,97	— 2,91	+ 3,78	+1,98	+ 0,4	+ 7,4	5,59	+1,20	919	+ 62	800	1000	...	..	SSO. 1	0,82	8,8	+ 1,3	39,5
6	730,63	+ 3,73	+ 5,10	+3,41	+ 2,9	+ 8,0	5,79	+1,43	881	+ 23	730	990	0,5	1	variable	0,57	9,0	+ 1,5	39,5
7	734,52	+ 7,60	+ 4,25	+2,68	+ 3,7	+ 5,0	4,83	+0,50	785	— 73	720	860	...	..	N. 1	1,00	8,8	+ 1,5	39,5
8	739,04	+12,09	+ 1,97	+0,51	+ 0,7	+ 4,0	4,67	+0,37	884	+ 26	810	920	...	..	N. 1	0,94	8,7	+ 1,5	39,5
9	738,83	+11,85	+ 1,63	+0,28	+ 0,9	+ 3,0	4,20	—0,07	820	— 39	780	840	...	..	E. 1	1,00	8,7	+ 1,6	39,5
10	741,34	+14,34	— 0,11	—1,35	— 1,1	+ 1,2	4,14	—0,10	914	+ 55	840	960	...	..	OSO. 1	1,00	...	.....	38,7
11	736,58	+ 9,55	+ 1,18	+0,04	— 1,1	+ 2,9	4,05	—0,16	812	— 48	680	980	...	..	N. 3	1,00	8,5	+ 1,6	38,8
12	734,31	+ 7,26	+ 1,49	+0,45	+ 1,0	+ 2,5	3,86	—0,33	765	— 95	670	970	...	..	N. 2	1,00	7,5	+ 0,7	39,0
13	733,21	+ 6,13	— 0,42	—1,36	— 0,9	+ 1,7	3,69	—0,48	834	— 27	750	940	...	..	NNE. 1	0,99	7,7	+ 1,0	38,7
14	733,62	+ 6,51	— 1,23	—2,08	— 2,0	+ 0,3	3,42	—0,73	826	— 35	780	920	...	..	NE 1	0,86	7,7	+ 1,1	37,5
15	735,23	+ 8,10	+ 0,10	—0,66	— 3,3	+ 2,9	3,53	—0,60	759	—103	590	910	...	..	NNE. 3	0,28	7,7	+ 1,2	37,0
16	737,60	+10,44	— 0,19	—0,86	— 1,6	+ 1,6	3,66	—0,45	810	— 52	730	920	...	..	NNE. 3	0,12	6,1	— 0,4	38,0
17	735,76	+ 8,58	+ 1,06	+0,47	— 3,1	+ 5,1	3,39	—0,70	673	—190	500	760	...	..	NNE. 2	0,37	...	....	37,5
18	733,72	+ 6,51	+ 0,88	+0,37	— 1,9	+ 3,4	3,43	—0,64	702	—161	610	820	...	..	N. 1	0,97	7,1	+ 0,8	37,5
19	733,40	+ 6,16	— 2,19	—2,62	— 5,4	+ 3,6	3,43	—0,63	889	+ 25	700	970	...	.	variable	0,17	7,1	+ 0,9	35,5
20	736,29	+ 9,03	— 2,35	—2,70	— 6,4	— 0,4	3,65	—0,40	933	+ 69	870	960	...	..	S. 1	1,00	7,1	+ 1,0	35,0
21	737,93	+10,65	— 1,59	—1,87	— 2,2	— 0,9	3,52	—0,52	881	+ 16	810	910	...	..	NNE. 1	1,00	6,9	+ 0,9	35,0
22	736,49	+ 9,19	— 2,23	—2,44	— 3,3	— 0,8	3,57	—0,46	942	+ 77	880	960	...	..	SE. 1	1,00	6,8	+ 0,8	35,0
23	737,54	+10,22	— 2,64	—2,78	— 3,6	— 1,8	3,64	—0,38	971	+105	940	980	...	..	variable	1,00	6,5	+ 0,6	34,8
24	738,47	+11,13	— 2,23	—2,31	— 3,6	— 1,0	3,80	—0,21	982	+116	950	1000	...	..	E. 1	1,00	...	.....	34,2
25	739,25	+11,89	— 2,12	—2,14	— 3,7	— 0,7	3,78	—0,22	975	+109	890	1000	...	..	variable	1,00	...	.....	34,3
26	738,60	+11,22	— 3,58	—3,55	— 4,5	— 1,9	3,44	—0,56	993	+126	950	1000	...	..	S. 1	1,00	6,2	+ 0,6	34,2
27	738,12	+10,72	— 4,59	—4,51	— 6,3	— 3,0	3,27	—0,72	1000	+133	1000	1000	...	..	SO. 1	1,00	5,9	+ 0,3	34,0
28	736,19	+ 8,77	— 4,66	—4,53	— 5,8	— 3,6	3,23	—0,76	1000	+133	1000	1000	...	..	SO. 1	1,00	5,8	+ 0,3	33,5
29	731,38	+ 3,94	— 3,87	—3,70	— 4,5	— 3,0	3,43	—0,56	1000	+132	1000	1000	...	..	SO. 1	1,00	5,7	+ 0,3	33,5
30	726,58	— 0,87	+ 0,39	+0,60	— 4,5	+ 4,7	4,69	+0,71	957	+ 89	850	1000	12,0	12	SSO. 1	0,98	5,7	+ 0,3	33,5
31	733,12	+ 5,66	+ 0,91	+1,16	— 1,8	+ 5,3	4,64	+0,66	942	+ 74	830	1000	...	..	SSO. 1	0,79	...	.....	33,5

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	729,48	729,81	730,21	729,80	729,41	729,62	730,10	730,40	730,55
2e «	735,08	735,32	735,77	734,93	734,35	734,53	734,80	734,94	734,92
3e «	735,73	736,00	736,40	735,90	735,33	735,46	735,65	735,65	735,63
Mois	733,51	733,79	734,20	733,62	733,11	733,28	733,59	733,73	733,76
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 2,97	+ 2,95	+ 4,03	+ 4,44	+ 4,66	+ 4,21	+ 3,75	+ 3,63	+ 3,41
2e «	— 1,76	— 1,77	— 0,42	+ 1,18	+ 1,63	+ 1,39	+ 0,80	+ 0,37	— 0,25
3e «	— 3,51	— 3,41	— 2,54	— 1,62	— 0,94	— 1,34	— 1,74	— 2,11	— 2,31
Mois	— 0,85	— 0,83	+ 0,26	+ 1,24	+ 1,70	+ 1,33	+ 0,85	+ 0,54	+ 0,20
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	5,27	5,23	5,47	5,48	5,33	5,33	5,34	5,37	5,29
2e «	3,44	3,43	3,56	3,61	3,87	3,70	3,72	3,68	3,76
3e «	3,46	3,48	3,69	3,87	3,97	3,91	3,86	3,79	3,79
Mois	4,04	4,03	4,22	4,30	4,38	4,30	4,29	4,26	4,26
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	919	915	883	864	832	857	887	896	900
2e «	856	854	804	726	754	734	768	791	838
3e «	980	976	969	945	925	941	956	963	975
Mois	920	917	888	848	840	847	873	886	907

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	p.
1re décade	+ 2,39	+ 5,45	0,93	8,94	20,7	39.00
2e «	— 2,47	+ 2,36	0,68	7,39	0,0	37,45
3e «	— 3,98	— 0,61	0,98	6,19	12,0	34,14
Mois	— 1,44	+ 2,30	0,87	7,50	32,7	36,71

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,50 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 36,4 E. et son intensité est égale à 36 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1865.

Le 2, brouillard depuis 2 heures de l'après-midi.
3, brouillard tout le jour.
4, brouillard tout le jour.
13, brouillard jusqu'à 8 heures du matin.
15, brouillard depuis 2 heures de l'après-midi.
31, brouillard depuis 4 heures de l'après-midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 10 h. matin...	562,56	Le 4 à 8 h. soir	555,75
10 à 8 h. matin...	573,51	13 à 2 h. après-m.	562,75
16 à 8 h soir	568,30	18 à 2 h. après-m.	566,02
25 à 10 h. matin...	573,49	30 à Midi........	561,42
31 à 10 h. matin...	567,31		

SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum *	Température C. Maximum *	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	561,61	— 0,05	560,95	562,56	— 3,89	+ 3,14	— 4,3	— 2,8	190	14,1	11	NE. 1	1,00
2	560,37	— 1,25	559,92	560,75	— 4,20	+ 2,93	— 4,9	— 3,0	160	12,6	10	SO. 1	0,98
3	560,43	— 1,16	559,91	561,25	— 4,30	+ 2,92	— 4,6	— 3,0	70	10,4	7	SO. 2	1,00
4	557,00	— 4,55	555,75	558,21	— 3,99	+ 3,32	— 4,4	— 1,2	40	7,2	4	SO. 2	1,00
5	560,05	— 1,46	558,33	561,19	— 5,20	+ 2,20	— 7,1	— 3,2	40	7,2	4	NE. 1	0,82
6	565,06	+ 3,58	562,87	566,86	— 7,03	+ 0,46	— 7,6	— 5,8	.....	.....	.....	NE. 1	0,11
7	568,87	+ 7,42	567,16	570,54	— 6,58	+ 1,00	— 8,2	— 5,2	.....	.....	.....	NE. 1	0,01
8	571,59	+10,17	570,94	571,90	— 5,14	+ 2,53	— 8,6	— 2,1	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
9	571,67	+10,28	570,82	572,51	— 6,37	+ 1,38	— 8,1	— 4,6	.....	.....	.....	variable	0,00
10	572,92	+11,56	572,39	573,51	— 2,76	+ 5,07	— 6,0	+ 0,1	.....	.....	.....	variable	0,02
11	567,81	+ 6,48	565,33	570,56	— 4,81	+ 3,10	— 6,3	— 3,1	.....	.....	.....	NE. 1	0,22
12	565,32	+ 4,02	564,55	566,11	— 9,41	— 1,42	—12,0	— 7,0	.....	.....	.....	variable	0,00
13	563,34	+ 2,07	562,75	563,66	—14,24	— 6,18	—15,7	—12,0	.....	.....	.....	SO. 1	0,54
14	564,44	+ 3,20	563,23	564,92	—10,38	— 2,25	—15,0	— 8,3	.....	.....	.....	variable	0,04
15	564,41	+ 3,19	563,63	565,42	—13,44	— 5,24	—14,8	—11,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,57
16	567,49	+ 6,30	566,35	568,30	— 9,22	— 0,95	—11,2	— 7,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,07
17	567,46	+ 6,30	567,23	568,07	— 5,10	+ 3,24	— 6,7	— 3,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
18	566,47	+ 5,34	566,02	567,02	— 5,34	+ 3,07	— 7,3	— 2,9	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
19	566,70	+ 5,59	566,24	567,34	— 5,67	+ 2,80	— 7,0	— 3,0	.....	.....	.....	variable	0,00
20	568,58	+ 7,50	567,92	569,39	— 5,27	+ 3,26	— 6,5	— 3,2	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
21	570,86	+ 9,81	569,63	571,79	— 2,92	+ 5,67	— 4,9	— 1,8	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
22	570,98	+ 9,95	570,66	571,96	+ 0,03	+ 8,68	— 1,5	+ 1,2	.....	.....	.....	variable	0,00
23	572,19	+11,19	571,79	572,59	+ 1,54	+10,24	+ 0,6	+ 4,0	.....	.....	.....	calme	0,00
24	572,59	+11,61	572,09	573,39	— 0,01	+ 8,74	— 0,9	+ 1,9	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
25	572,89	+11,91	572,61	573,49	— 0,78	+ 8,02	— 1,9	+ 0,4	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
26	572,57	+11,63	572,37	572,86	— 3,82	+ 5,03	— 5,5	— 1,1	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
27	570,65	+ 9,73	570,12	571,41	— 4,49	+ 4,41	— 5,8	— 2,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
28	568,79	+ 7,89	568,51	569,20	— 5,90	+ 3,05	— 7,0	— 3,0	.....	.....	.....	SO. 1	0,00
29	565,89	+ 5,01	564,03	567,46	— 6,50	+ 2,49	— 9,1	— 4,2	.....	.....	.....	SO. 1	0,00
30	562,50	+ 1,65	561,42	564,62	— 9,07	— 0,04	—11,1	— 7,5	40	2,4	8	SO. 2	0,98
31	566,75	+ 5,92	566,29	567,31	— 7,83	+ 1,24	— 8,4	— 6,6	.....	.....	.....	SO. 1	0,78

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	564,39	564,77	565,20	564,96	564,77	565,04	565,17	565,22	565,40
2 «	566,22	566,08	566,56	566,27	565,93	566,13	566,14	566,32	566,47
3 «	569,62	569,67	569,98	569,73	569,48	569,58	569,73	569,89	569,91
Mois	566,84	566,93	567,33	567,08	566,82	567,00	567,10	567,23	567,34
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 5,98	— 5,16	— 4,67	— 3,93	— 3,68	— 4,51	— 4,68	— 4,81	— 5,29
2e «	— 8,76	— 8,56	— 8,11	— 6,86	— 6,66	— 7,88	— 8,44	— 8,64	— 8,89
3e «	— 4,22	— 4,21	— 3,48	— 2,44	— 1,86	— 3,04	— 3,71	— 3,58	— 4,18
Mois	— 6,25	— 5,92	— 5,36	— 4,34	— 3,99	— 5,07	— 5,55	— 5,61	— 6,06

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 6,38	— 3,08	0,49	51,5	500
2e «	—10,25	— 6,20	0,14	0,0	0
3e «	— 5,05	— 1,37	0,16	2,4	40
Mois	— 7,15	— 3,48	0,26	53,9	540

Dans ce mois, l'air a été calme 22 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,16 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E. et son intensité est égale à 6 sur 100.

* Voir la note du tableau

MATÉRIAUX

POUR SERVIR A L'HISTOIRE DES MÉTAUX

DE LA CÉRITE ET DE LA GADOLINITE

PAR

M. MARC DELAFONTAINE[1].

(Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 1er février 1866.)

V

NOUVELLES OBSERVATIONS SUR LES TERRES DE LA GADOLINITE.

En cherchant à obtenir les terres de la gadolinite dans un état de pureté qui permît de déterminer leur poids atomique exact, j'ai eu lieu de constater plusieurs faits qui jettent un jour nouveau sur l'histoire de l'yttria et de ses congénères, et qui, en même temps, conduisent à modifier quelques-unes de mes conclusions antérieures.

De plus, il a paru tout récemment, en Allemagne, un mémoire sur l'erbine et l'yttria, dans lequel MM. Bahr et Bunsen arrivent, en ce qui concerne l'erbine tout au moins, à des résultats très-différents de ceux de Mosander et des miens.

[1] Voyez *Archives*, 1864, t. XXI, p. 97, et 1865, t. XXII, p. 30.

Dans cette occurence, il m'a paru opportun de faire connaître mes nouvelles recherches en y ajoutant l'analyse et la discussion du travail des savants chimistes que je viens de nommer. J'espère établir ainsi :

1° Que l'yttria et l'erbine existent bien avec les propriétés que Mosander leur avait reconnues.

2° Que l'erbine de MM. Bahr et Bunsen est une terre distincte qui doit changer de nom [1].

Yttria.

C'est la terre sur laquelle il y a le moins de divergences d'opinion. Elle est blanche même après une forte calcination au contact de l'air. Seule, au chalumeau, dans la partie la plus chaude du dard, elle émet une lumière d'un blanc pur éblouissant. Avec le borax elle donne une perle incolore à froid et à chaud. D'après Rose, l'yttria ne serait précipitée ni à la température ordinaire ni à l'ébullition par le carbonate de baryte ; j'ai constaté au contraire que, dans le dernier cas du moins, la précipitation a lieu, mais d'une manière incomplète cependant, car une forte proportion de la terre reste dissoute.

Le sulfate d'yttria cristallisé à chaud forme de petits cristaux incolores transparents, dont les faces sont ordinairement très-striées ; ses angles se confondent avec ceux du sulfate de didyme ; à l'état hydraté il se dissout avec une grande lenteur dans l'eau froide, mais, si on l'a préalablement desséché, la dissolution a lieu très-rapidement, pourvu toutefois que l'on ne laisse pas le sel s'agglomérer au fond du vase. L'hydrate qui se forme même à l'ébul-

[1] A moins d'indication contraire, tous les faits qui vont être relatés ont été observés ou vérifiés par moi-même.

lition paraît renfermer toujours $^8/_5$ équivalents d'eau. MM. Bahr et Bunsen y ont trouvé 23.30 p. % d'eau : mes analyses donnent 23,68 p. %.

Le sulfate yttrico-potassique est très-soluble dans l'eau pure et dans l'eau saturée de sulfate de potasse.

Le nitrate d'yttria en dissolution est incolore même à l'état sirupeux ; étant fondu il forme un verre limpide, non coloré, qui se prend par le refroidissement en une masse composée de grands feuillets blancs, radiés. En commençant à se décomposer, il jaunit s'il contient une proportion même petite des autres nitrates ; dans ce cas, étant repris par l'eau, il laisse un résidu jaune dans lequel se sont condensées les terres en mélange.

L'oxalate yttrique s'obtient en précipitant le nitrate ou le sulfate en dissolution étendue, par l'acide oxalique. Il constitue une poudre blanche, ténue, très-peu cristalline, légèrement soluble dans l'acide nitrique pas trop étendu. Desséché longtemps à 100° il retient encore un atome d'eau qui ne s'en va que par la destruction du sel. Ce composé laisse après une bonne calcination un résidu d'yttria pure qui s'élève, d'après M. Berlin[1], de 45 à 46 % du poids du sel employé : j'ai trouvé dans une expérience 45,12 p. %, et MM. Bahr et Bunsen 46 %.

Quand on précipite un sel d'yttria par l'oxalate d'ammoniaque, on obtient un produit qui consiste en un oxalate double.

Le poids atomique de l'yttria me paraît devoir être fixé entre 460 et 470 (O = 100) au plus : du reste, je reviendrai plus tard sur ce point.

Il est très-difficile de préparer l'yttria complétement

[1] Communication particulière.

pure, et je ne puis citer aucun procédé qui conduise rapidement au but : l'emploi combiné du carbonate de baryte, des précipitations partielles par l'ammoniaque et des décompositions incomplètes du nitrate par la chaleur m'ont seulement permis d'obtenir à la longue une vingtaine de grammes de sulfate presque pur.

Erbine.

Quand, d'après la méthode de Mosander, on précipite les terres de la gadolinite par le bi-oxalate de potasse, les premiers produits, mis à part, traités par l'acide sulfurique au 50e de manière à en dissoudre le tiers ou la moitié environ, laissent un résidu rosé cristallin. Celui-ci, calciné, dissous dans l'acide nitrique et traité par le sulfate de potasse en excès, abandonne un sel double très-peu soluble dans une solution saturée de sulfate de potasse. La terre que l'on peut retirer de ce sel double est une erbine jaune dont les sels montrent au spectroscope les bandes découvertes par M. Bahr et que j'ai figurées précédemment (*Archives*, XXII, Pl. I, fig. 1).

Si, pour purifier l'erbine, on soumet son sulfate double à plusieurs lavages au moyen d'une eau froide saturée de sulfate de potasse, on constate bientôt que le sel devient de moins en moins rosé en même temps que la terre perd sa faculté de produire un spectre d'absorption : faculté dont elle est dépourvue quand elle est pure et qu'elle doit par conséquent à son mélange avec une terre étrangère. Ainsi, *c'est par erreur que M. Bahr et moi après lui, avons annoncé que les dissolutions d'erbine peuvent monrer un spectre d'absorption.*

Au risque de quelques répétitions je vais rappeler ici

les propriétés de l'erbine en y ajoutant quelques faits nouveaux.

La couleur de l'erbine est jaune, mais avec des nuances très-variables : obtenue par la calcination de l'oxalate elle est assez pâle ; si on la jette alors dans l'eau, les portions qui demeurent en suspension et restent quelquefois plus de douze heures avant de se déposer sont encore plus claires. L'hydrate est blanc, semblable à l'alumine, ne change pas de couleur à l'air, mais en attire l'acide carbonique, ce qui le rend pulvérulent à la longue : il perd toute son eau au rouge et laisse alors des fragments jaune orangé foncé lourds, durs et cohérents, dont l'apparence rappelle d'une manière frappante celle de la gomme gutte en morceaux. En chauffant l'erbine au rouge, dans un courant d'hydrogène, on la rend blanche avec la production d'une petite quantité d'eau ; si elle contient de la terre à spectre d'absorption, il lui reste une nuance rose très-faible.

Une fois réduite par l'hydrogène, elle n'absorbe pas l'oxygène de l'air à la température ordinaire et ne jaunit pas spontanément. Les acides sulfurique et nitrique étendus de cinquante fois leur volume d'eau dissolvent lentement, mais complétement l'erbine, même celle qui provient de la calcination du nitrate, et les portions attaquées les dernières ne diffèrent pas des autres.

Arrosée avec de l'acide sulfurique concentré elle ne donne pas une liqueur rouge comme le fait l'oxyde céroso-cérique. Ses dissolutions sont incolores ou quelquefois faiblement rosées.

Quand on veut transformer l'erbine divisée en nitrate, en la traitant par l'acide étendu, il faut avoir soin de remuer la liqueur pour empêcher la terre de s'agglomérer

au fond du vase, sinon elle y formerait bientôt un sous-sel difficilement soluble dans le reste de l'acide.

Au chalumeau seule et dans le dard le plus chaud, l'erbine devient blanche en émettant une lumière intense de la même couleur : elle se dissout sans coloration dans le borax. Le carbonate de baryte la précipite à froid et à chaud, mais il en reste presque toujours de petites quantités dans la liqueur.

Les cristaux du sulfate erbique sont un peu roses : s'ils se forment à l'ébullition ils renferment $^{8}/_{5}$ équivalents d'eau, tout comme ceux qui se déposent vers 50 ou 60°.

Le sulfate erbico-potassique est aisément soluble dans l'eau pure, cette propriété le distingue du sulfate céroso-potassique.

Comme Mosander l'a reconnu, l'erbine est intégralement dissoute par le chlore.

Le carbonate d'erbine est un peu soluble dans celui d'ammoniaque, moins cependant que le carbonate d'yttria, c'est ce qui a permis à Berzélius d'obtenir, en 1815, une yttria blanche dont le poids atomique était de 480,8.

M. Berlin m'a informé que l'oxalate d'erbine lui avait donné 54 p. $^{0}/_{0}$ de terre ; d'après cela le poids atomique de l'erbium serait 560 environ : mes anciennes expériences m'avaient conduit au nombre 496, de nouvaux essais rendent très-probable que cette valeur doit être un peu abaissée. M. Berlin prépare l'erbine en faisant subir aux nitrates des terres de la gadolinite une série de décompositions incomplètes au moyen de la chaleur : ce procédé tend à concentrer dans l'erbine une certaine quantité de la terre à spectre d'absorption dont le poids atomique est

très-élevé : c'est probablement là qu'il faut rechercher la cause de notre divergence.

Toutes les tentatives que j'ai faites pour reconnaître dans mon erbine la présence du cérium ont été infructueuses : quant à du didyme elle n'en renfermait pas de traces. Elle avait été préparée suivant les préceptes de Mosander, puis soumise à une digestion de quelques heures, sous forme de nitrate, avec un excès de carbonate de baryte, avant qu'on la transformât de nouveau en sulfate double potassique.

On peut obtenir très-vite une terre riche en erbine de la manière suivante : après avoir amené le nitrate ou le chlorure des terres mélangées (yttria, erbine, terbine, cérium, etc.) à l'état de dissolution très-concentrée, on y ajoute un grand volume d'une solution saturée bouillante de sulfate de potasse et une croûte solide du même sel, puis le tout est abandonné à lui-même au refroidissement; il se forme un dépôt cristallin que l'on sépare de la liqueur surnageante (après l'avoir agité quelquefois au milieu de celle-ci et laissé reposer de nouveau) pour le mettre digérer dans de nouvelles quantités de sulfate de potasse froid : ce dernier enlève un sel double formé principalement de sulfate erbico-potassique ; le cérium et ses congénères restent dans la portion insoluble.

Terbine.

Dans mon dernier mémoire, j'ai signalé l'existence d'une terre très-difficile à séparer, mais caractérisée par des bandes d'absorption correspondant à deux de celles du didyme. Contrairement à ma première opinion, ce corps paraît différent de la vraie terbine de Mosander.

D'après M. Bunsen, je n'aurais eu entre les mains qu'un mélange contenant du didyme ; ce savant base sa manière de voir sur ce seul fait que la bande Tr a, par exemple (*Archives*, XXII, Pl. 1, fig. 2), occupe la même position et offre les mêmes maxima et minima d'intensité que celle du didyme. Plusieurs expériences dans lesquelles ce soi-disant didyme aurait dû se déceler d'une manière incontestable, m'ont donné des résultats négatifs ; peut-être serai-je plus heureux une autre fois : mais, en attendant, il me semble préférable de considérer encore la terre en question comme distincte en lui retirant cependant le nom de terbine sans lui en donner un autre, pour le moment du moins. La question demeurera donc pendante jusqu'à plus ample informé.

Terre à spectre d'absorption.

(Erbine de MM. Bahr et Bunsen.)

C'est ici le lieu de dire ce que j'ai pu observer sur les propriétés de cette terre, soit avant, soit après la publication du mémoire de MM. Bahr et Bunsen [1].

J'ai eu beaucoup de peine à l'obtenir dans une pureté assez rapprochée ; souvent elle était blanche ou jaune ; dans le premier cas l'yttria s'y trouvait en abondance, dans le second, elle renfermait un peu d'erbine. M. Berlin ayant eu la bonté de m'envoyer une certaine quantité d'yttria très-pauvre en erbine, j'ai pu en retirer assez facilement un peu de terre à spectre : voici les caractères que je lui ai reconnus :

Elle est d'un blanc rosé ou mieux d'un rose pâle, se

[1] Une partie des faits ci-dessous étaient inscrits depuis longtemps dans mes notes au compte de la vraie erbine comme des anomalies dont l'explication m'échappait.

dissout facilement dans les acides en formant des combinaisons colorées en rose tendre, même à l'état de liqueur. Son nitrate peut, par une calcination ménagée, donner un sel basique soluble et cristallisable; une action plus forte de la chaleur en sépare un composé jaune plus basique, insoluble. Le carbonate de baryte se comporte à l'égard de ses sels de la même manière qu'avec ceux d'erbine. Son carbonate est moins soluble dans le carbonate d'ammoniaque que celui d'yttria. Seule, au chalumeau ou dans la partie la plus chaude d'une flamme à double courant, elle devient incandescente en émettant une lumière verte: ce caractère la distingue de l'erbine et de l'yttria. Ses dissolutions acquièrent un pouvoir spectroscopique d'autant plus énergique que son poids atomique s'élève davantage.

Son sulfate double potassique se dissout mieux dans le sulfate de potasse que le composé correspondant à base d'erbine.

La distinction de cette terre de l'erbine m'a permis de me rendre compte d'un certain nombre de faits impossibles à comprendre sans cela. La coloration de ses composés, le mode suivant lequel son nitrate se décompose, les produits où elle se concentre dans le procédé de Mosander et d'autres considérations inutiles à énumérer encore, me font penser que c'est la véritable terbine que ce chimiste avait en vue. Je reviendrai du reste sur ce point un peu plus bas.

Voici maintenant une brève analyse du mémoire auquel les pages précédentes ont fait plusieurs fois allusion[1].

[1] J. Bahr und R. Bunsen. Ueber Erbinerde und Yttererde. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. CXXXVII, p. 1, janvier 1866.)

Une solution d'acétates d'erbine et d'yttria, évaporée dans le vide, laisse déposer en premier lieu des cristaux plus riches en erbine ; cette propriété ne permet cependant pas d'arriver à une séparation complète des deux terres. Le procédé suivant est bien préférable.

Le mélange des nitrates [1] est évaporé au moyen d'une petite flamme de gaz, dans une capsule de platine, jusqu'à ce qu'il commence à se dégager des bulles de vapeurs nitreuses. Après un refroidissement rapide, la masse fondue forme un verre transparent, rouge sale, très-fragile, que l'on redissout à chaud dans la capsule au moyen d'une quantité d'eau juste suffisante pour que la liqueur bouillante ne paraisse plus trouble : en laissant refroidir celle-ci très-lentement, on y détermine la formation de nitrate bi-basique d'erbine en aiguilles qu'il faut séparer par décantation et laver promptement avec de l'eau aiguisée de 3 pour cent environ d'acide nitrique. L'eau-mère, traitée de la même manière, peut donner encore une seconde, une troisième, etc., cristallisation. En réunissant les premiers produits, les additionnant d'acide nitrique et les évaporant comme il a été dit plus haut, on a un composé plus riche encore en erbine. La répétition du procédé finit par donner à la longue de l'erbine et de l'yttria pures.

Erbine. On l'obtient en calcinant longtemps et d'une manière soutenue son nitrate ou son oxalate. L'hydrogène n'a aucune action sur elle. Sa couleur n'est pas jaune, mais rose faible : chauffée au blanc, elle émet une lumière

[1] Il convient de le faire remarquer : ce mélange de nitrates est presque entièrement privé d'erbine jaune, par le fait que les auteurs l'ont soumis à des traitements répétés par le sulfate de potasse, en vue d'éliminer complétement le cérium et le didyme.

verte intense quand elle est employée sous forme spongieuse : elle est lentement, mais complétement soluble à chaud dans les acides nitrique, chlorhydrique et sulfurique : ses composés sont colorés en rose plus ou moins clair, surtout quand ils contiennent de l'eau de cristallisation. Ses sels ont une réaction acide ; leur saveur est sucrée et astringente. La terre ne se combine pas directement avec l'eau. Son équivalent est 64,3 (H=1) et celui de son radical 56,3.

Le *sulfate d'erbine* se dépose à 100° en cristaux nets, durs, transparents, inaltérables à l'air, rose clair : le sel hydraté est très-lentement soluble dans l'eau, tandis que le sel anhydre s'y dissout facilement et très-vite. La chaleur lui fait perdre une partie de son acide : les cristaux ont pour formule $(Er\,O, SO^3)^3 + 8$ aq.

Le *nitrate bi-basique d'erbine* constitue de très-fines aiguilles roses qui, étant chauffées, perdent d'abord leur eau de cristallisation, puis laissent un résidu d'erbine qui conserve la forme du sel. Ce sous-nitrate se dissout assez difficilement dans l'acide nitrique ; l'eau le décompose avec production d'un sel plus basique. La formule est $(Er\,O)^2, Az\,O^5 + 3$ aq.

L'*oxalate* précipité d'une dissolution bouillante d'erbine constitue une poudre pesante, rose clair, qui se lave facilement et perd son eau au moment où elle se décompose. Cet oxalate se représente par $Er\,O, C^2\,O^3 +$aq.

Suit la discussion de ce que j'ai dit sur le spectre de la terbine ; on a vu plus haut ma manière de voir actuelle sur le sujet, il est donc inutile d'y revenir. Si des expériences ultérieures et décisives montrent que je me suis réellement trompé, je me hâterai de le reconnaître.

J'ai déjà rendu compte dans ces *Archives* [1] d'une note de M. Bahr sur la faculté que possède l'erbine d'émettre une lumière verte qui donne au spectroscope, en lumineux, les mêmes bandes que les dissolutions offrent en noir : je me contenterai d'y renvoyer le lecteur, en ajoutant seulement ici les détails nouveaux suivants. Le pouvoir émissif de l'erbine est considérablement renforcé quand on arrose et calcine avec de l'acide phosphorique pas trop concentré une petite masse spongieuse de la terre, retenue dans la boucle d'un fil mince de platine : l'opération doit être répétée aussi souvent que le spectre y gagne en intensité et en netteté, mais pas au delà.

Si l'on compare les maxima lumineux des bandes claires avec les minima lumineux des bandes obscures que montre le spectre d'absorption de l'erbine, on trouve entre eux une coïncidence complète. Le didyme se comporte d'une manière analogue [2].

Yttria. Malgré les traitements multipliés au sulfate de potasse qu'ils ont fait subir à leur mélange primitif des terres de la gadolinite, les auteurs reconnaissent que celui-ci a retenu des traces de cérium et de didyme, lesquelles se retrouvent, dans leur procédé de décomposition, avec l'yttria. De là la nécessité de recourir encore quelquefois à l'emploi du sulfate alcalin, après quoi le nitrate d'yttria est soumis à de nombreuses décompositions partielles au moyen de la chaleur, jusqu'à ce que, en fin de compte, la base soit pure. Dans cet état, elle

[1] Tome XXIV, p. 377, décembre 1865.

[2] Pour comprendre cela, il faut se rappeler que les bandes d'absorption, les plus larges surtout, ne sont pas d'une obscurité uniforme. Une bande offrira, soit sur l'un, soit sur l'autre de ses bords, par exemple, une teinte d'un noir plus intense que le reste.

constitue une poudre ténue presque blanche, qui brille quand on la calcine fortement, en émettant une lumière blanche pure. Elle est difficilement, mais complétement soluble dans les acides sulfurique étendu, nitrique et chlorhydrique. Elle ne s'hydrate pas dans l'eau. Ses sels sont incolores; ils ont une réaction acide et une saveur sucrée et astringente. Le poids atomique de l'yttria est 38,85 (H=1) ou 485 (O=100).

Le sulfate est à $^8/_3$ équivalents d'eau.

Le sous-nitrate est blanc : il offre d'ailleurs les plus grandes analogies avec le sel correspondant d'erbine : autant peut-on en dire de l'oxalate.

Pour évaluer les proportions relatives d'erbine et d'yttria dans un mélange des deux terres, MM. Bahr et Bunsen conseillent de déterminer le poids atomique de ce dernier ; connaissant en outre celui des terres pures, il suffit d'une simple règle d'alliages pour arriver au résultat voulu.

Les auteurs terminent leur mémoire par une analyse de la gadolinite (d'Ytterby ?) qui s'accorde très-peu avec celles qui ont été publiées jusqu'à ce jour. En effet, la plupart des chimistes ont trouvé dans la gadolinite d'Ytterby une quantité d'yttria (avec Er O et Tr O) comprise entre 45 et 50 pour cent, tandis que les oxydes de la cérite ne s'y rencontrent pas dans une proportion supérieure à 7,6 : en outre M. Berlin n'a pas obtenu plus de 4,8 de glucine. MM. Bahr et Bunsen donnent : glucine, 6,96 ; yttria et erbine, 37,57 (Ce O, La O, Di O) 14,45.

Comme on peut le voir, leurs recherches conduisent les chimistes d'Heidelberg à admettre l'existence de deux des terres décrites par Mosander.

1° L'*yttria*, blanche, à équivalent très-bas.

2° L'*erbine*, rose, inaltérable dans l'hydrogène, formant un sulfate double potassique, très-soluble dans le sulfate de potasse.

La couleur jaune des terres de l'yttria est due seulement, d'après eux, à la présence du cérium [1].

Aux yeux de Mosander, de Berzélius et aux miens, l'erbine, exempte de cérium, est un corps jaune qu'une calcination dans l'hydrogène rend blanc et dont le sulfate double est très-peu soluble dans celui de potasse.

Comme on le voit, les différences sont fondamentales, et pour les expliquer il est impossible d'admettre une différence dans le degré de pureté : du moins, pour ma part, je ne saurais comprendre une transformation aussi radicale opérée par une simple purification. Si maintenant on veut bien se reporter aux pages où sont exposées mes propres recherches, on verra que l'erbine, comme nous la connaissions d'après Mosander et ses contemporains, existe bien réellement, et que la terre de MM. Bahr et Bunsen est une espèce tout à fait distincte : dès lors il y a lieu d'attribuer à celle-ci un nom particulier. L'ensemble de ses allures rend excessivement probable à mes yeux qu'elle constitue, à l'état de pureté, l'ancienne terbine, connue jusqu'ici seulement en mélange avec beaucoup d'yttria et un peu d'erbine [2].

En résumé, la gadolinite renferme, outre les oxydes de la cérite, *au moins* trois terres distinctes :

[1] C'est du moins ce que l'on peut conclure des nombreux traitements au sulfate de potasse qu'ils ont fait subir à leurs matières premières. Mais il n'échappera à personne que ces opérations avaient précisément pour effet d'éliminer en même temps l'erbine véritable.

[2] Toutefois cette identification ne sera définitive qu'à partir du jour où il aura été reconnu que le sulfate de terre en question, *obtenu à une basse température*, s'effleurit à +50°.

1° L'erbine jaune, admise par MM. Mosander, Berzélius, Svanberg, Berlin et moi, méconnue par MM. Popp, Bahr et Bunsen.

2° La terbine rose, découverte par Mosander, bien connue seulement depuis le récent travail de ces deux derniers chimistes, qui la nomment erbine, dont j'admets pleinement l'existence, et à laquelle il faut attribuer le spectre d'absorption que j'ai figuré sous le nom de la précédente.

3° L'yttria blanche, sur laquelle les opinions varient très-peu.

De plus, la bande d'absorption voisine de D (Fraunhofer), si facile à observer dans les dissolutions qui n'ont pas été précipitées d'une manière exagérée par le sulfate de potasse, caractérise une base qui paraît distincte de l'oxyde de didyme.

VI

NOTE SUR LE POIDS ATOMIQUE DE L'YTTRIUM.

Pour déterminer le poids atomique de l'yttria, et, par conséquent, de son radical, je suis parti de l'analyse du sulfate yttrique desséché. Ce sel était obtenu par la cristallisation à chaud en présence d'acide sulfurique libre; les cristaux lavés deux ou trois fois à l'eau chaude, pilés, mis en presse pendant quarante-huit heures étaient ensuite desséchés à une température que je portais, vers la fin, jusqu'au rouge sombre. Le résidu anhydre dissous dans l'eau distillée et précipité par l'oxalate neutre d'ammoniaque donnait un oxalate d'yttria qu'une calcination prolongée au rouge blanc transformait en base exempte d'acide carbonique et de carbure d'yttrium.

Détermination de l'eau.

I. 2gr,767 de sel ont perdu 0gr,6575 ou 23,76 pour cent d'eau.

II. 2gr,166 ont perdu 0gr,510 23,55 pour cent d'eau.

III. 4gr,761 ont donné : eau 1,130 c'est-à-dire 23,73 pour cent. — Moyenne : 23,68 pour cent.

Détermination de la base.

I. 2gr,121 de sulfate sec ont donné 1,023 soit 48,23 p. cent de terre.

II. De 1gr,719 on a retiré 0,826 d'yttria, c'est-à-dire 48,09 p. cent.

III. 2gr,053 ont laissé 0,993 soit 48,37 p. cent de terre.

	I	II	III	Moyenne
Poids atomiques :	466	462,5	468	465,5 ou 74,5

Comme contrôle on a fait une analyse de l'oxalate d'yttria :

1gr,4775 ont laissé 0,6665 de terre soit 45,12 p. cent. L'équivalent 465 demande 45,27 p. cent. La composition du sulfate hydraté, calculée avec ce même équivalent, demande 23,71 p. cent d'eau ; j'ai trouvé, en moyenne, 23,68.

M. Berlin a trouvé pour le poids atomique de l'yttria des nombres compris entre 462 et 464 ; les premiers doivent être les plus exacts, parce que plus l'on débarrasse l'yttria de ses congénères, plus son poids atomique s'abaisse [1].

[1] Je présenterai ici mes vifs remerciements à MM. Edlund, Berlin et Hiortdahl qui ont bien voulu mettre à ma disposition d'assez fortes quantités de gadolinite et d'yttria pour ce travail et ceux qui suivront.

DESCRIPTION ET THÉORIE

DE LA

NOUVELLE MACHINE ÉLECTRIQUE

DE M. HOLTZ

Depuis plusieurs années un physicien de Berlin, M. Holtz, se préoccupait d'appliquer le principe de l'électrophore à la construction d'une machine électrique. Après de laborieuses recherches et de nombreux essais, il est arrivé à réaliser cette idée ; il a construit un appareil qui surpasse dans ses effets les anciennes machines électriques, et tient jusqu'à un certain point le milieu entre celles-ci et les courants galvaniques.

Donnons d'abord la description rapide des parties essentielles de cette machine, abstraction faite de tout détail de construction.

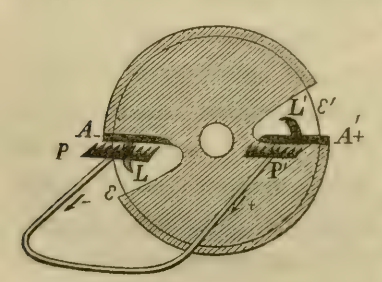
Deux plateaux circulaires en verre sont disposés sur un même axe et aussi près que possible l'un de l'autre sans qu'il y ait contact. L'un est plein et susceptible de tourner avec une grande rapidité autour de son axe. L'autre, représenté dans la figure ci-contre, est fixe et présente deux évidements taillés symétriquement aux deux extrémités d'un même diamètre



horizontal. Ces évidements portent, l'un à son bord supérieur, l'autre à son bord inférieur, une bande de papier munie d'une ou plusieurs languettes qui se prolongent dans l'évidement. Le plateau de verre mobile est placé devant le plateau fixe, et, plus en avant encore, deux peignes métalliques sont disposés parallèlement aux bandes de papier et reliés par un conducteur (Voyez Pl. I, fig. 1). Telles sont les pièces essentielles de la machine dont le principe est très-facile à comprendre en se reportant à la théorie de l'électrophore.

D'après cette théorie, lorsqu'on place le disque métallique sur le gâteau de résine électrisé négativement, ses deux électricités se séparent : on décharge en premier lieu la négative en faisant communiquer avec le sol le bord supérieur du disque avant de le soulever ; en second lieu on décharge la positive restée seule sur le disque.

Cela étant, l'appareil décrit ci-dessus n'est qu'un électrophore dans lequel les décharges se répètent constamment et s'effectuent en sens contraire dans un même circuit. En effet, pour faire fonctionner sa machine, M. Holtz commence par électriser négativement la bande de papier A (figure ci-contre), en même temps que le disque plein tourne avec rapidité dans le sens des aiguilles d'une montre. Les deux électricités de ce disque sont alors séparées par l'électricité négative de A : la positive attirée par elle, est retenue sur le disque, tandis que la négative s'écoule par le peigne P.



C'est la première décharge de l'électrophore. L'électricité positive restée seule[1] tourne avec le disque mobile, en continuant à être retenue par la négative répandue sur le disque fixe, jusqu'au moment où elle arrive devant l'évidement ε'. A ce moment-là l'attraction qui la retenait est supprimée; elle devient donc libre et s'écoule par le peigne P'. C'est la seconde décharge de l'électrophore.

Si tout se bornait là, la machine serait très-imparfaite, car l'électricité négative de A se perdrait bien vite dans l'air, et l'action de la machine, après avoir rapidement diminué, cesserait complétement. Il faut donc la rendre susceptible de se recharger d'elle-même constamment, et voici comment cette condition se réalise. L'électricité positive devenue libre en avant de l'évidement ε' sur la face antérieure du disque tournant, décompose les deux électricités de la face postérieure : la positive se combine en partie avec la négative de la languette L', dont la positive est au contraire refoulée dans la bande de papier A'. Celle-ci se trouve donc chargée d'électricité positive qui décompose les deux électricités du plateau mobile. La positive s'écoule par le peigne P', tandis que la négative est retenue sur le disque mobile jusqu'à l'évidement ε, là elle charge la bande A de la même manière que l'a été précédemment la bande A'. Tout recommence ensuite comme au premier tour du disque mobile, et l'action de la machine continue de la sorte tant que le disque tourne. Les décharges de ce nouvel électrophore se succèdent avec une grande promptitude quand la rotation

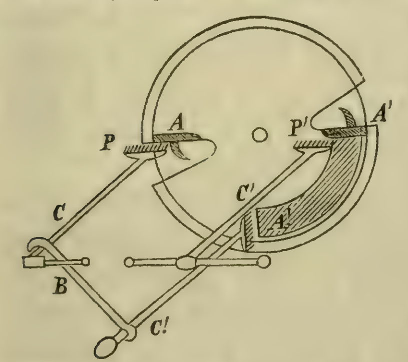
[1] Il n'y a de l'électricité positive que sur la face antérieure du disque; sur la face postérieure elle est restée combinée avec la négative qui n'a pas pu s'écouler par le peigne comme celle de la face antérieure.

du disque est suffisamment rapide ; il en résulte un courant sensiblement continu dans le circuit qui relie les deux peignes P et P'.

D'après ce qui précède, on conçoit que ce courant se compose de deux autres, que nous appellerons le primaire et le secondaire. Le primaire provient de l'écoulement de l'électricité repoussée par l'armature de papier A', maintenant chargée ; le secondaire provient de l'écoulement de l'électricité qui se trouvait sur le disque tournant. Ces deux courants sont de même sens, mais ils diffèrent par leur intensité et leur tension. L'intensité du secondaire est inférieure à celle du primaire. En effet, les deux électricités séparées en avant de A sous l'action de l'électricité de A' et qui sont par conséquent égales en quantité, forment l'une le primaire, l'autre le secondaire ; seulement cette dernière, pour arriver dans le circuit où se propage le courant secondaire, doit parcourir un demi-cercle de P en P' ; dans ce trajet, une partie de l'électricité se perd dans l'air, l'autre est dépensée pour charger A'. Mais si le courant secondaire est inférieur au primaire pour la quantité d'électricité, en revanche il lui est supérieur en tension, car la tension de l'électricité du primaire est moindre que la tension sur l'armature de papier et sur la face postérieure du disque tournant, et celle-ci est déjà moindre que la tension de l'électricité sur la face antérieure du disque tournant, qui donne lieu au courant secondaire. Donc la tension est moindre dans le primaire que dans le secondaire.

Pour obtenir des étincelles, on sépare les deux conducteurs C et C', qui forment le circuit. Or en éloignant ainsi ces deux conducteurs, on arrivera à un écartement tel que le courant secondaire puisse encore traverser la couche

d'air interposée, tandis que le primaire à cause de sa moindre tension ne le pourra plus. Alors la machine cesserait de fonctionner, car, le primaire n'existant plus, les électricités repoussées en A et A′, par l'influence des armatures ne pourraient plus s'écouler, et il n'y aurait plus séparation des électricités de nom contraire sur le disque tournant. Si l'on veut maintenir cet écartement des deux conducteurs, il faut donc ouvrir un autre chemin au courant primaire; c'est ce que l'on réalise de la manière suivante. On prolonge l'une des armatures, A par exemple, d'un quart de cercle jusqu'à A″, et cela simplement au moyen d'une feuille de papier, qui par l'attraction de l'électricité s'applique d'elle-même sur la face postérieure du disque fixe. De plus on dispose en avant de A″ un troisième peigne métallique qu'on relie au moyen d'un crochet B au conducteur C. Les deux électricités du disque tournant se séparent alors en avant de A′, l'une s'écoule dans le conducteur C′ et forme le courant primaire, l'autre va s'écouler dans le conducteur C où elle forme le courant secondaire et charge de plus l'armature A. Ainsi le courant primaire et le courant secondaire sont séparés.



Si l'on continue à augmenter la distance des deux conducteurs C et C′ jusqu'à ce que le secondaire ne puisse plus la franchir, les étincelles cesseront de se produire entre eux, et les deux courants se retrouveront réunis dans le troisième conducteur. Mais, dès que la distance

de C et C′ sera redevenue assez petite, ils reprendront tous deux de préférence le premier chemin. Ainsi cette disposition permet d'écarter à volonté les deux moitiés du circuit primitif, sans risquer d'arrêter la marche de la machine.

Telle est la théorie complète de cette machine telle que M. Holtz la conçoit lui-même. Il se propose du reste de faire encore des recherches pour éclaircir les points qui pourraient paraître douteux quant à la marche de l'électricité dans cet appareil.

Jusqu'ici il n'a été question que des éléments essentiels de cette nouvelle machine. Voici maintenant quelques détails sur sa construction et sur la forme que M. Holtz a adoptée après plusieurs essais. Cette disposition est représentée dans la figure 2 de la planche I.

L'axe du disque mobile est en acier ; il est porté à ses deux extrémités par deux traverses en caoutchouc durci fixées sur quatre supports en verre plantés eux-mêmes dans un cadre en bois. Le mouvement de rotation est imprimé, au moyen d'une manivelle, à un axe horizontal, également en acier, situé sur le côté de la machine ; ce mouvement est transmis à l'axe du disque mobile par un système de deux roues et de deux pignons reliés par deux cordes, ce qui augmente la rapidité de ce mouvement dans le rapport de un à dix environ. Les deux axes en acier sont recouverts de caoutchouc durci pour les isoler. Le disque fixe est maintenu en quatre points de son contour dans des rainures en caoutchouc durci, fixées sur des traverses de verre horizontales. Ce disque doit en conséquence être un peu plus grand que l'autre. Enfin les deux conducteurs sont portés par la traverse de caoutchouc au-

térieure, et se terminent par deux tiges susceptibles de s'éloigner ou de se rapprocher à volonté pour ouvrir ou fermer le circuit.

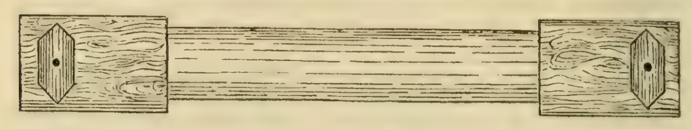
Afin de rendre plus isolants les deux disques de verre, on les vernit à la gomme-laque; seulement celle-ci se décomposant à la longue par l'électricité, il faut revernir de temps en temps les disques, et les essuyer souvent avec un linge humide pour enlever la poussière de charbon conductrice qui se forme dans cette décomposition.

Il convient que les deux disques ne soient séparés que par une très-mince couche d'air, afin que la résistance opposée à la transmission d'électricité par influence des armatures de papier sur le disque mobile soit aussi petite que possible, et que l'attraction réciproque des électricités répandues sur les deux disques soit la plus grande possible. De plus, il faut que les disques eux-mêmes soient très-minces et taillés avec grande précision.

Pour charger la machine, on peut se servir d'un morceau de toile cirée qu'on électrise en la frottant sur une table avec une peau de chat, et qu'on amène ensuite en contact avec l'armature A, tandis qu'on fait tourner le disque mobile. On peut aussi employer avec avantage dans ce but une plaque de caoutchouc durci après en avoir préalablement gratté la surface qui est un peu conductrice de l'électricité.

Pour obtenir une plus grande tension de l'électricité dans la machine, on se sert d'une petite bouteille de Leyde dont la forme permet de la poser commodément sur les deux conducteurs C et C'. Elle se compose d'un tube de verre fermé muni à ses deux extrémités de petits manchons de bois entaillés s'adaptant sur les conducteurs. Les armatures sont très-petites : elles n'occupent qu'un

tiers environ de la longueur du tube, et leurs extrémités



traversant les manchons sont chacune en communication avec l'un des conducteurs.

La quantité d'électricité fournie par la machine dans un temps donné est proportionnelle au nombre de tours du disque mobile pendant ce temps. On s'en assure par le fait que le nombre d'étincelles correspondant à un tour de manivelle est constant quelle que soit la vitesse de rotation. Mais cette vitesse de rotation ne peut pas être augmentée indéfiniment, car quand elle a atteint une certaine limite il se produit un grand ébranlement dans toute la machine. Pour augmenter la quantité d'électricité fournie par cette machine dans un temps donné, il n'y a donc pas d'autre ressource que d'augmenter le nombre des points où, pendant un seul tour, le disque mobile se charge et se décharge; et pour cela, au lieu de deux armatures seulement, il faudra munir le disque fixe de 4, 6 ou 8 armatures de papier semblables à celles qui ont été décrites plus haut. D'un autre côté, si en les multipliant on rapproche trop ces armatures les unes des autres, leurs électricités de nom contraire se combinent et elles se déchargent ainsi les unes les autres; il faut donc employer, ce qui est évident du reste, des disques de verre d'autant plus grands que le nombre des armatures est plus considérable. Les plus petites machines ne peuvent avoir moins de deux armatures; pour quatre armatures le disque de verre devra avoir au moins 35 à 40 centimètres de diamètre. La figure 3 (Pl. I) représente une machine à

quatre armatures, dans laquelle cependant il faut supposer reliés ensemble par des tiges métalliques, d'une part les conducteurs 1 et 3 avec la tige C, d'autre part les conducteurs 2 et 4 avec la tige C', disposition que l'on n'a pas représentée sur la figure pour ne pas la compliquer davantage.

En dernier lieu, nous avons maintenant à décrire les effets de la nouvelle machine électrique, qui, du reste, sont encore peu connus, car M. Holtz n'a pu faire jusqu'ici qu'un très-petit nombre de recherches sur ce point. Voici cependant ce qu'il a trouvé :

1° Si l'on compare la nouvelle machine aux anciennes, on voit qu'elle s'en rapproche beaucoup, toutes proportions gardées, pour la tension, tandis qu'elle les surpasse très-sensiblement pour la quantité d'électricité dégagée dans le même temps. C'est par là qu'elle tient un peu le milieu entre les machines électriques ordinaires et les courants : elle surpasse les premières en quantité, et les seconds en tension tout en leur étant inférieure pour la quantité d'électricité.

La longueur des étincelles doit donc être la même qu'avec les anciennes machines, et c'est ce qui a lieu à peu près. Ainsi, avec une petite machine dont les disques n'avaient que 25 centimètres de diamètre, entre deux boules de 13^{mm} de diamètre, et avec l'aide de la petite bouteille de Leyde, on obtient une étincelle de 8 centimètres. La forme qu'affecte cette étincelle dans les différents cas est intéressante à observer. Avec une bouteille de Leyde on obtient naturellement une étincelle simple, d'un blanc intense, et formant de nombreux zigzags. Quand on emploie la machine sans la bouteille, on obtient une aigrette

rouge-violette qui change de nature suivant les cas ; entre deux boules, les différents filets qui la composent se trouvent situés presque à la même place; ils sont plus rapprochés les uns des autres vers le pôle positif que vers le pôle négatif, comme le montre la première des figures 4. Entre deux pointes, ces filets, au lieu de rester à peu près parallèles, s'entrecroisent tous les uns les autres. Enfin entre deux boules éloignées l'une de l'autre on voit deux aigrettes bien tranchées : l'une, la négative, est composée d'un grand nombre de filets très-courts : l'autre, beaucoup plus longue, est formée d'un seul filet vers la boule positive, qui va toujours en s'élargissant, comme le montre la troisième des figures 4.

Cette machine dégageant une plus grande quantité d'électricité que les anciennes, elle charge plus vite une bouteille de Leyde ou une batterie. Mais le principal avantage qu'elle présente, c'est d'exiger très-peu de force pour la production de l'électricité, puisqu'il s'agit simplement de faire tourner un disque de verre très-mince, tandis que dans les anciennes machines on a un frottement assez considérable à vaincre.

2° La machine de M. Holtz se rapproche à certains égards des appareils d'induction faibles. Pour obtenir des effets physiologiques, on introduit deux fils de cuivre terminés par deux cylindres de laiton dans les poupées placées sur le devant de la machine et dont les extrémités supérieures sont mobiles et peuvent s'élever jusqu'à venir en contact avec les conducteurs de la machine. On peut aussi produire dans les tubes de Geissler des effets lumineux qui sont tout aussi intenses qu'avec une forte machine d'induction.

3° Enfin les effets calorifiques, chimiques et magnéti-

ques de la nouvelle machine sont très-faibles. Ils ort été fort peu étudiés jusqu'ici. M. Holtz a cependant entrevu des faits curieux, par exemple l'échauffement, par le passage du courant, de quelques corps mauvais conducteurs, tels que de petits morceaux de bois très-mince ou de papier, de 3 ou 4 centimètres de longueur, préalablement humectés pour augmenter un peu leur conductibilité. La décomposition de l'eau se fait difficilement, et une aiguille aimantée n'est presque pas déviée par le courant de cette machine.

On voit qu'il reste encore beaucoup à faire pour compléter l'étude de ces différents effets. La machine de M. Holtz ne tardera pas du reste à être mieux connue à ce point de vue, car elle se répand déjà, et elle aura bientôt sa place dans tous les cabinets de physique [1].

[1] M. Holtz a donné spécialement à M. Schultz, constructeur à Berlin, et à M. Ruhmkorff, à Paris, toutes les indications nécessaires pour la construction de cette nouvelle machine.

OBSERVATIONS

SUR

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

DANS DES GAZ TRÈS-RARÉFIÉS

PAR

M. A. DE WALTENHOFEN [1]

Dans son mémoire sur les spectres électriques des gaz[2], M. Plucker fait remarquer « que ce serait d'un très-grand intérêt d'établir, par une observation rigoureuse du spectre de l'oxygène, la succession dans laquelle les différentes couleurs du prisme disparaissent, quand le courant électrique lumineux s'éteint peu à peu en raison de la disparition graduelle de l'oxygène et qu'il ne se trouve plus une quantité suffisante de matière pondérable pouvant lui servir de conducteur. » Il y discute, en outre, certains phénomènes de la décharge électrique dans l'oxygène, qui conduisent à la conclusion que *les rayons les moins réfrangibles disparaissent les premiers.* M. Plucker revient ailleurs[3] sur ce sujet et montre l'accord de cette conclusion avec la pâleur croissante de la ligne Hα dans une raréfaction extrême, puis son extinction complète, tandis que la ligne Hβ reste encore lumineuse; il indique enfin que, dans des degrés de raréfaction pour lesquels

[1] *Pogg. Ann.* CXXVI, 527.
[2] *Pogg. Ann.* CV, 79.
[3] *Pogg. Ann.* CXVI, 51-54.

la lumière électrique disparaît dans l'air de plus en plus, on peut saisir des points de départ pour estimer *la limite de la hauteur de l'aurore boréale.* — Rappelons à cette occasion que, d'après une mesure préalable, la lumière commence à disparaître dans l'air à une pression barométrique de 0,3 millimètres et qu'elle disparaît complétement à 0,1 millimètre ; — cependant la hauteur (à peu près de 9 lieues) qui en résulterait pour la limite supérieure de l'aurore boréale *serait très-inférieure* à celle à laquelle conduisent les observations faites sur ce météore.

J'ai eu l'honneur de faire quelques observations, soit sur la disparition successive des lignes spectrales, soit sur les degrés élevés de raréfaction auxquels les gaz peuvent encore exercer la fonction de conducteurs de la décharge électrique. Ce sont ces observations que je me propose d'exposer ici en raison de l'importance qui s'attache à cette question.

I. En vue d'autres recherches j'avais disposé la décharge d'un inducteur de telle façon que les spectres de l'azote, de l'hydrogène et du mercure apparussent simultanément. La pompe pneumatique à mercure de Kravogel que j'employais permettait d'opérer dans les raréfactions extraordinaires, et il me parut intéressant d'examiner à cette occasion l'influence de ces raréfactions sur les trois spectres que je viens de nommer.

Lorsque l'éprouvette barométrique [1] commençait à s'a-

[1] Les hauteurs de l'éprouvette barométrique sont indiquées ici parce qu'elles ont été lues et notées, mais elles n'indiquent point d'une manière certaine les degrés de raréfaction. Je me suis assuré par des expériences directes, avec l'appareil que j'ai décrit dans le Journal de Dingler (1862), que les indications des éprouvettes ordinaires sont défectueuses, quand il s'agit de très-grandes raréfactions, au point de ne pas pouvoir être prises en considération.

baisser au-dessous de 1 millimètre, la partie du spectre de l'azote qui émergeait au-dessus de la ligne rouge de l'hydrogène ($H\alpha$), était à peine appréciable et les raies qui se trouvent dans la ligne $H\alpha$ disparaissaient aussi peu à peu, de telle façon qu'à une hauteur de l'éprouvette de 0,5 millim., les parties les moins réfrangibles du spectre de l'azote s'éteignaient jusque près de la limite du jaune. En continuant la raréfaction, la différence de niveau dans l'éprouvette (bien que cette dernière eût été soumise à l'ébullition avec beaucoup de soins) est passée du sens positif au sens negatif. Pendant ce passage, toutes les raies du spectre de l'azote, comprises entre les lignes $H\alpha$ et $Hg\alpha$ [1], ont disparu presque sans laisser de trace.

Jusqu'ici le phénomène est parfaitement d'accord avec les prévisions, c'est-à-dire les raies spectrales s'éteignent d'autant plus tard qu'elles sont plus réfrangibles; mais la partie violette du spectre de l'azote a présenté une exception à cette règle, en disparaissant (à peu près en même temps que le jaune) plus tôt que les parties vertes et bleues, qui continuaient longtemps à être lumineuses, sans coloration reconnaissable, il est vrai, mais d'un gris de cendre fauve, qui ne s'éteignait complétement que lorsque la raréfaction arrivait à être beaucoup plus grande. Pendant cette opération, jusqu'au moment de de l'extinction, les raies étaient encore bien nettes dans le bleu, tandis qu'on n'en apercevait plus de traces dans le vert. Cette dernière partie du spectre offrait déjà depuis un certain temps l'aspect d'un espace vert vaguement limité, sans nuances d'ombre et paraissait enfin se dissoudre en un brouillard gris de cendre faiblement lumineux.

[1] Ligne jaune du mercure.

visible à partir de la ligne $Hg\beta$[1] jusqu'au milieu de l'intervalle compris entre $Hg\beta$ et $H\beta$[2].

A mesure que la raréfaction augmentait, et tandis que la hauteur du mercure dans la branche négative de l'éprouvette pouvait être estimée entre 0,1 et 0,2 millimètres, on voyait le spectre de l'azote *s'éteindre complétement.*

Des deux autres spectres, c'était celui de l'hydrogène qui était le premier entamé par une augmentation de la raréfaction ; la ligne rouge $H\alpha$ s'éteignait la première et ensuite la ligne violette $H\gamma$. Pendant ce temps, la ligne jaune du mercure $Hg\alpha$ était réduite à une bande fauve faiblement lumineuse, qui ne tardait pas à disparaître à son tour. Quant aux autres lignes $H\beta$, $Hg\beta$ et $Hg\gamma$ (ligne violette du mercure), on n'a pas pu les faire disparaître *isolément* ; elles se sont éteintes sensiblement toutes à la fois à une raréfaction qui, d'après un examen[3] minutieux, correspondait à 24,000 fois le volume primitif, et à laquelle le vide atteint ne permettait plus une décharge appréciable.

Pendant le cours de ces opérations on a observé des changements remarquables dans la colonne de gaz qui servait de conducteur à la décharge. Je laisserai de côté les phénomènes connus, tels que les changements de couleurs dans la partie étroite et dans la partie large du tube[4],

[1] Ligne verte du mercure.

[2] Ligne bleue de l'hydrogène.

[3] Par le procédé décrit dans mon mémoire sur l'effet obtenu par la pompe pneumatique à mercure de Kravogel (Dingler, p. I, 1862).

[4] L'appareil qui a servi dans ces expériences a été décrit et représenté par un dessin, dans le mémoire cité dans la note précédente. Il se compose d'un tube large et d'un tube étroit, réunis par du ciment dans une douille convenable en acier ; l'autre ouverture du tube large est munie d'une douille à robinet en acier qui se visse sur la pompe

et ceux qui sont dus à une raréfaction croissante, en tant qu'ils peuvent être obtenus avec des pompes pneumatiques ordinaires.

Le courant lumineux dans le tube large avait déjà perdu tout vestige de lumière rouge et présentait l'aspect d'une colonne blanche stratifiée, quand le tube étroit émettait encore une lumière d'un violet rougeâtre. Cette coloration, due évidemment à l'hydrogène, persistait après l'extinction complète du spectre de l'azote et ne disparaissait qu'avec la ligne rouge de l'hydrogène. A partir de ce moment, la lueur dans le tube étroit devenait aussi blanchâtre, à l'exception des points les plus voisins de l'électrode négative, fixée à l'extrémité du tube, où l'on apercevait une lumière verte jusqu'à la cessation complète de la décharge. Une lueur verte semblable, quoique beaucoup moins intense, apparaissait à l'endroit où le tube étroit communique au tube large.

Après l'extinction du spectre de l'azote et lorsque, sous l'influence d'une raréfaction croissante, les deux autres spectres étaient déjà entamés, on pouvait observer une modification dans la marche du marteau de l'inducteur : en même temps, il se manifestait des phénomènes remarquables dans le courant lumineux, qui dénotaient qu'on était tout près d'atteindre *un vide qui ne permettait plus à la décharge de passer.* — Les couches claires

pneumatique, tandis que celle du tube étroit est fermée par un bouchon d'acier fixé par du ciment et qui peut servir en même temps d'électrode. Comme cet appareil, en vertu de sa destination, avait été souvent rempli de mercure (ce qui explique les garnitures d'acier), il y était resté de petites gouttelettes de ce métal, qui sont la cause du spectre de mercure intense qui se produisait dans les expériences que nous venons de décrire. Je ferai observer d'ailleurs que toutes les observations spectrales ont été faites avec le tube étroit.

du courant lumineux, qui devenaient toujours plus blanches et s'espaçaient de plus en plus, tout en passant de la forme lenticulaire à la forme annulaire, se présentaient alors d'une manière *intermittente,* et enfin se résolvaient complétement en une faible colonne lumineuse *continue* et d'un gris d'acier; cette dernière finissait également par *s'éteindre* après avoir aussi présenté des intermittences. La faible lueur intermittente *ne remplissait toutefois plus complétement* le tube. Arrivé près de ce degré de raréfaction, les couches qui apparaissaient parfois comme des éclairs dans la colonne lumineuse grise, lançaient souvent une *vive lumière.*

J'ai observé d'autres irrégularités très-remarquables dans les stratifications quand on opérait à un degré élevé de raréfaction. — On sait que ces dernières s'écartent d'autant plus l'une de l'autre que la raréfaction devient plus grande. Ces intervalles présentent de *grandes inégalités* dans une raréfaction qui dépasse de beaucoup la limite qu'on peut atteindre au moyen des pompes pneumatiques ordinaires : quelques-unes des couches blanches de la colonne lumineuse se trouvent quelquefois à des distances doubles de celles qui existent entre les autres. Dans l'expérience que j'ai mentionnée, j'ai observé des intervalles obscurs de 1 centimètre et en même temps d'autres de 2 centimètres; du reste, sans qu'elles fussent distribuées régulièrement. Les couches claires ne paraissaient alors plus parallèles; elles présentaient de *petites inclinaisons irrégulières.* Lorsque, comme nous l'avons mentionné plus haut, les couches claires du courant lumineux offraient parfois une vive lueur pendant leur intermittence, les spectres de l'hydrogène et du mercure répandaient une

lumière plus intense correspondante, tandis que le spectre de l'azote déjà éteint ne reparaissait plus.

Quand on faisait rentrer l'air graduellement, après l'extinction de tous les spectres, les bandes lumineuses reparaissaient dans l'ordre inverse de leur disparition, comme il était facile de le prévoir.

Il ne serait d'ailleurs pas facile de déterminer avec certitude la succession dans laquelle, pour chaque spectre, les différentes sortes de lumière s'éteignent, parce que cela dépend de la *clarté relative* des lumières. — On ne peut donc pas conclure de l'extinction apparente des lignes spectrales plus faibles, tandis que d'autres sont encore visiblement plus claires, que ces oscillations de lumière correspondent à une disparition prématurée réelle. De même, le fait cité plus haut de la disparition hâtive du violet dans le spectre de l'hydrogène [1], ne peut en aucune façon être considéré comme contraire à la supposition que les rayons de lumière les moins réfrangibles s'éteignent les premiers. D'autre part, cette supposition acquiert plutôt un haut degré de vraisemblance, si l'on considère que dans les *trois spectres,* dont nous avons parlé, les bandes les moins réfrangibles s'éteignaient réellement les premières, et que cela était le cas même pour la ligne $H\alpha$, *malgré la grande et prépondérante intensité de lumière qu'elle présente en comparaison de la faible ligne* $H\gamma$ [2].

Quand plusieurs spectres sont en présence à la fois, les rapports de clarté doivent aussi indiquer lequel de ces spectres est le premier entamé ou même complétement

[1] Il sera question plus tard du même phénomène dans le spectre de l'azote.

[2] Comme on l'a vu plus haut, c'est $H\alpha$ qui s'éteint en premier lieu, puis $H\gamma$ et enfin $H\beta$.

éteint[1]. Voici une expérience directe qui vient à l'appui de cette assertion.

II. Un tube à thermomètre, muni à ses deux bouts d'une douille à robinet et dans lequel des fils de platine fins servaient d'électrodes, pouvait s'adapter à la pompe pneumatique et être rempli d'air sec, en y aspirant au moyen de la pompe un courant d'air passant sur du chlorure de calcium, jusqu'à ce qu'on pût admettre que le tube et les parties de la pompe en communication avec lui fussent pleins d'air sec. — Quand, après avoir fait le vide dans le tube, ainsi préparé, on y faisait passer la décharge, un faible spectre d'hydrogène se montrait à côté du spectre de l'azote, preuve que la dessiccation n'avait pas été complète; en outre, on apercevait un spectre du mercure faiblement lumineux, et qui était occasionné par la présence de mercure dans le corps de pompe communiquant avec le tube.

En continuant la raréfaction, les lignes H_α et H_γ s'éteignaient[2] même avant les lignes violettes du spectre de

[1] La facilité avec laquelle un gaz est entraîné pendant la raréfaction exerce naturellement une influence notable sur les modifications des rapports de clarté des spectres en présence dans le cours de l'expérience. M. Plücker a observé (*Pogg. Ann.* t CXVI, p 51), en effet, qu'en opérant avec de l'air et de l'acide carbonique, s'il reste seulement des traces d'eau dans le tube, l'acide carbonique et l'air sont entraînés plus facilement pendant la raréfaction que l'hydrogène qui résulte de la décomposition, par le courant, de la vapeur d'eau qui se condense sur le verre et dont il est très-difficile de se débarasser. Il arrive ainsi un moment où l'analyse spectrale ne donne plus que les raies de l'hydrogène le plus pur. L'hydrogène est alors le seul conducteur de la décharge; le gaz primitif ne fonctionne que jusqu'à un certain degré de raréfaction comme véhicule de la décharge.

[2] Ce résultat n'est pas en opposition avec l'observatiou de M. Plücker citée dans la note qui précède, savoir : qu'en général les traces

l'azote et la ligne $Hg\alpha$, tandis que dans l'expérience précédente c'était le spectre de l'hydrogène qui, en raison de sa plus grande intensité, résistait le plus longtemps. Dans cette expérience on n'a pas pu réussir à éteindre complétement tous les spectres; on en trouvera l'explication plus loin.

III. Dans une troisième expérience on a employé un tube large de 2 centimètres et d'une longueur de 120 centimètres, qui a été rempli une fois avec de l'air ordinaire et une autre fois avec du gaz d'éclairage. La grande longueur de ce tube, comparée à celle de la première pexérience (71 centimètres), m'avait porté à croire que je réussirais plus facilement à atteindre le point auquel la décharge cesse de passer. Toutefois c'est le contraire qui a eu lieu : je n'ai réussi à éteindre la colonne lumineuse ni dans l'air, ni dans le gaz d'éclairage; elle n'était pas même devenue intermittente dans une raréfaction de plus de 20000 fois le volume primitif.

Dans le gaz d'éclairage le phénomène lumineux a présenté une particularité remarquable. Les couches blanches de la colonne lumineuse qui au commencement affectaient la forme de petits disques plats lenticulaires superposés, ne se bornaient pas à s'écarter à mesure que la raréfaction augmentait, mais elles prenaient en même temps une plus grande épaisseur : les disques devenaient

d'hydrogène persistent plus longtemps que l'air (azote); il montre seulement que dans ce cas-ci l'air a été plus complétement desséché que d'habitude. Dans cette expérience on a eu soin en outre de ne pas laisser un seul instant la pompe communiquer avec l'air extérieur; l'air évacué était conduit dans un grand ballon vide d'air et desséché au chlorure de calcium qui était annexé à la pompe dont on se servait.

toujours plus cylindriques et offraient, à une raréfaction extrême, une épaisseur de 1 centimètre, en étant séparés par des intervalles de même dimension. A mesure que la raréfaction augmente, les bords des disques deviennent moins nets et les couches claires finissent par se résoudre peu à peu en un courant lumineux d'une intensité très-faible.

La raison pour laquelle on n'a pas réussi dans II et III à éteindre les spectres par une raréfaction prolongée, tandis que dans I on a constamment réussi, tient à la *forme des électrodes*. Tandis que dans II et III les électrodes étaient des fils métalliques pointus, la décharge s'effectuait dans I entre une goupille émoussée de 1 millimètre d'épaisseur située à la partie supérieure du tube et la douille à robinet à la partie inférieure.

Les expériences que nous venons d'exposer conduisent aux conclusions suivantes :

1° *Dans chaque spectre, pris isolément, ainsi que M. Plücker l'a établi, et à une raréfaction suffisante, les bandes les moins réfrangibles s'éteignent avant celles qui sont le plus réfrangibles ; et il est probable que cet ordre se maintient tant qu'une clarté relative trop faible des lignes spectrales réfrangibles ne détermine pas des exceptions apparentes.*

2° *Quand plusieurs spectres se présentent simultanément, l'ordre dans lequel ils sont entamés, ou même s'éteignent, par une raréfaction toujours croissante, dépend de leurs intensités relatives et par conséquent des proportions du mélange des gaz incandescents.*

Ces deux propositions me paraissent n'être pas sans importance pour la chimie. Si elles étaient admises on pourrait dans certains cas décider l'état simple ou composé d'un corps gazeux. Supposons, par exemple, qu'en examinant

un spectre pendant une raréfaction prolongée, on remarque qu'une ligne spectrale d'une plus grande réfrangibilité disparaisse plutôt qu'une autre ligne moins réfrangible mais d'une intensité lumineuse égale ou supérieure; cela indiquerait évidemment que le gaz soumis à l'expérience est composé, puisque, selon ces propositions, il faudrait considérer le spectre observé comme *formé de la superposition d'au moins deux spectres appartenant à deux véhicules matériels de la décharge différents l'un de l'autre*[1].

3° *Les stratifications de la lumière électrique*, qui s'écartent et grossissent par l'augmentation de la raréfaction, *deviennent irrégulières et intermittentes dans un espace extrêmement raréfié et disparaissent peu à peu en se résolvant en un courant lumineux continu, qui finalement s'éteint aussi.*

L'extension surprenante que prennent les intervalles des couches dans les raréfactions extrêmes fait désirer qu'on entreprenne de nouvelles recherches pour s'assurer si dans certains cas il ne se présente pas aussi des couches là où on n'en avait pas encore observé[2]; car, sous l'influence de la décharge électrique, la décomposition d'un gaz, considéré jusqu'ici comme un corps sim-

[1] Bien que la richesse des couleurs du spectre de l'azote soit très-remarquable, n'est-il pas plus remarquable encore que les lignes violettes s'éteignent plus tôt que d'autres moins réfrangibles et d'une clarté à peine supérieure? Cette circonstance, rapprochée de ce qui a été dit plus haut, *rend très-douteux l'état de ce corps considéré comme corps simple* Pour l'hydrogène au contraire, dont la ligne $H\gamma$ s'éteint longtemps avant la ligne $H\beta$, qui est beaucoup plus lumineuse, on n'est point du tout porté à faire une hypothèse semblable.

[2] Pour des gaz simples, par exemple, voyez : Sur les stratifications de la lumière électrique, par M. Reitlinger. (*Comptes rendus de l'Acad. de Berlin*, vol. 43, II, p. 21.)

ple, pourrait avoir lieu, et ses éléments — dans l'hypothèse de M. Reitlinger — pourraient selon leur conductibilité donner naissance à des stries; ou bien encore dans certains cas, et à une raréfaction extrême, il pourrait par place se représenter de ces discontinuités, auxquelles M. Riess attribue la formation des stries.

L'idée d'une décomposition de cette nature est corroborée par la circonstance que le gaz qui sert de conducteur au courant doit acquérir une température toujours plus élevée à mesure que la raréfaction augmente ; c'est pour cette raison que plus les couches deviennent moins nombreuses, plus leur incandescence devient vive, jusqu'à ce que nous ayons les phénomènes mentionnés plus haut, qui précèdent la cessation de la décharge dans un vide qui est arrivé à un degré où il ne peut plus la transporter.

4° *Le degré de raréfaction auquel la décharge s'arrête, dépend aussi de la nature des électrodes ; si la décharge s'effectue entre des pointes, elle n'est pas interceptée par une raréfaction de plus de vingt mille fois le volume primitif*[1].— On peut étendre ce résultat d'une manière générale à d'autres électrodes dont la contexture favorise à la façon des pointes la transmission de l'électricité, par exemple, des corps très-divisés d'une conductibilité semblable.

Il résulte de tous ces faits que l'extinction de la lumière électrique qu'on observe à un certain degré de ra-

[1] Quand M. Plücker fait observer que la lumière dans l'air commence à disparaître à une pression approximative de $0^{mm},3$, et qu'elle s'éteint complétement à $0^{mm},1$ (*Pogg. Ann.* t. CXVI, p. 53), on est fondé à admettre que dans cette expérience les électrodes n'étaient pas des pointes.

réfaction, n'autorise point à conclure *que le gaz employé n'est pas capable de transmettre la décharge à ce degré de raréfaction*, puisque la nature des conducteurs qui terminent la colonne de gaz (sous forme d'électrodes) détermine tantôt plus, tantôt moins facilement *le passage de la décharge dans le gaz*[1]. Si l'on pouvait mettre en *communication immédiate* une colonne d'air raréfiée au vingt millième (dans laquelle la décharge ne passe plus quand les électrodes sont émoussées, mais où elle se transmet encore entre des électrodes très-effilées) et sans changer son degré de raréfaction, avec une autre colonne d'air, *dans laquelle la décharge a lieu*, il n'y a pas de doute que cette dernière décharge ne passerait pas dans la première colonne.

Appliquant à l'atmosphère ce qui vient d'être dit, on arrive à ce résultat que les décharges électriques qui ont lieu dans les régions inférieures, peuvent aussi se transmettre dans les couches supérieures où la raréfaction est au vingt millième, et même dans des régions bien plus élevées, d'après les expériences que nous avons mentionnées. — En effet, la décharge entre des pointes s'effectue assez complétement dans de l'air raréfié au vingt millième, pour qu'on n'aperçoive aucune intermittence de la colonne, ni aucun autre signe précurseur d'un degré de raréfaction qui refuserait le passage à la décharge. On peut donc admettre que ce ne serait *qu'à des degrés de raréfaction beaucoup plus élevés* que se trouverait le point *où l'air, à cause de sa trop grande raréfaction, ne pourrait plus servir de conducteur à la décharge.*

[1] Il ne serait pas sans intérêt de s'assurer par un examen direct si l'intensité de tension de l'inducteur n'exerce pas aussi une influence sur ce phénomène.

Quand on considère les circonstances dans lesquelles les décharges électriques occasionnent *l'aurore boréale* dans l'atmosphère, on est conduit à la supposition que la limite au delà de laquelle la raréfaction de l'air ne permet plus la transmission de semblables courants électriques lumineux [1], *doit se trouver à une élévation bien plus considérable que celle que l'on attribue généralement à l'atmosphère* [2]. Cette supposition n'est d'ailleurs point en opposition avec les observations de M. Plücker qui ont été mentionnées dans le mémoire cité plus haut.

[1] Cette limite serait à une hauteur de 9 lieues environ, conformément aux évaluations de M. Plücker (*Pogg. Ann.* t. CXVI, p. 53), en faisant les calculs d'après la formule $346,023 \, \frac{h}{R} = \log . \frac{B}{b}$, dans laquelle h est la hauteur, R le rayon de la terre, et B et b les hauteurs relatives supérieure et inférieure du baromètre.

[2] D'après les observations du crépuscule, cette hauteur atteindrait à peine 10 milles.

SUR LE REGEL DE LA GLACE

PAR

M. HELMHOLTZ ET M. TYNDALL

M. Helmholtz a entrepris la publication de lectures et de cours populaires sur divers sujets scientifiques[1]. La première livraison de cet intéressant ouvrage contient entre autres une leçon sur la glace et les glaciers; l'éminent professeur de Heidelberg a adopté à peu près complétement les théories de M. Tyndall qui sont bien connues des lecteurs des *Archives*[2]. Cependant il ne partage pas sa manière de voir sur la cause du regel de la glace; il adopte la théorie de M. Thomson, basée sur le fait de l'abaissement du point de fusion de la glace soumise à une pression.

[1] Populäre wissenschaftliche Vorträge, von H. Helmholtz, in-8°. Braunschweig, 1865.

[2] M. Helmholtz, en s'occupant des causes du froid sur les hautes montagnes, insiste sur le fait signalé par M. Ch. Martins du refroidissement que l'air éprouve par sa dilatation. « Ainsi, dit-il, quand, par « exemple, les vents du sud entraînent vers le nord l'air chaud de la « Méditerranée, et le forcent à passer par-dessus la grande muraille « des Alpes, cet air, en raison de la moindre pression atmosphérique, « se dilate de la moitié de son volume environ, et par suite il se re- « froidit considérablement. Ce refroidissement, pour une hauteur « moyenne de 11000 p., est de 16 à 20° R., suivant que l'air est hu- « mide ou sec. En même temps il abandonne la plus grande partie de « son humidité sous forme de pluie ou de neige. Quand cet air ar- « rive ensuite dans les vallées et les plaines sur le versant nord des « Alpes, il se condense et se réchauffe de nouveau. Le même air qui « est chaud des deux côtés de la montagne, est très-froid sur les hau- « teurs, où il peut précipiter de la neige, tandis que dans la plaine « nous trouvons sa chaleur insupportable. »

Nous allons donner la traduction d'un appendice à cette leçon, dans lequel M. Helmholtz discute la question du regel.

« La théorie du regel de la glace a été le sujet d'une controverse entre M. Faraday et M. Tyndall d'une part, et MM. J. et W. Thomson de l'autre. J'ai adopté la théorie de ces derniers, dans le texte de mon cours, et je dois justifier ici ma manière de voir.

« Les expériences de M. Faraday montrent qu'une pression extrêmement petite, même celle qui résulte de la capillarité de la couche d'eau placée entre deux morceaux de glace, suffit pour produire le regel. M. James Thomson a déjà fait observer que dans les expériences de Faraday la pression, entre les morceaux de glace, n'était pas complétement éliminée. Mes propres expériences m'ont convaincu que la pression peut être très-faible. Seulement il est à remarquer que plus la pression est faible, plus il faut de temps pour que les deux morceaux de glace se soudent l'un à l'autre, et qu'alors le pont qui les unit est très-mince et très-facile à rompre. Ces deux faits ressortent facilement de la théorie de M. Thomson. Avec une pression faible, la différence de température entre la glace et l'eau est très-petite, et la chaleur latente des couches d'eau en contact avec les parties comprimées de la glace est absorbée extrêmement lentement, en sorte qu'elles emploient nécessairement beaucoup de temps pour se geler. Nous devons aussi remarquer qu'en général les deux surfaces de glace en contact ne peuvent pas être considérées comme exactement superposables. Sous une pression faible, qui ne peut pas changer sensiblement leur forme, les surfaces de contact se réduisent pour ainsi dire à trois points; concentré sur des surfaces de contact

aussi petites, un effort même faible pourra toujours développer une pression locale notable, sous l'influence de laquelle une petite quantité de glace fond, et se regèle: mais dans ce cas la jonction sera toujours mince.

« Sous une plus forte pression, qui peut modifier davantage et mouler l'une sur l'autre la forme des morceaux de glace comprimés, il se produira une fusion plus considérable des parties qui étaient d'abord en contact; l'on obtiendra une plus grande différence de température entre la glace et l'eau, et par conséquent il se formera plus rapidement une jonction d'une plus grande largeur.

« Pour montrer la lenteur de l'action des petites différences de température, j'ai disposé l'expérience suivante: On a rempli d'eau jusqu'à la moitié un ballon de verre dont le col avait été étiré. On a fait bouillir cette eau de manière à chasser l'air par la vapeur, et, enfin, on a fermé à la lampe le col du ballon pendant l'ébullition. Après le refroidissement, le ballon est vide d'air, et l'eau qu'il contient n'est plus soumise à la pression de l'atmosphère. Comme dans ces conditions de l'eau peut être refroidie notablement au-dessous de 0°, sans qu'elle congèle, tandis que, lorsque la congélation a commencé, elle continue à s'effectuer à 0°, on a eu soin de placer d'abord le ballon dans un mélange réfrigérant jusqu'à ce que l'eau se fût changée en glace; puis on l'a laissée ensuite se fondre lentement jusqu'à la moitié dans une salle à la température de 2°.

« Ensuite on a placé le ballon, dans lequel se trouvait encore un disque de glace, dans un mélange de glace et d'eau, dont il était complétement entouré. Au bout d'une heure environ le disque de glace était adhérent à la paroi de verre du ballon. On pouvait le détacher par une

secousse, mais il se regelait toujours de nouveau. On a laissé le ballon pendant huit jours dans le mélange à 0°. Il se forma pendant ce temps sur le fond, dans l'eau, des cristaux de glace, très-réguliers et aigus, qui se développaient très-lentement. C'est peut-être la meilleure méthode pour obtenir de beaux cristaux de glace.

« Ainsi tandis que la glace extérieure, qui se trouvait sous la pression d'une atmosphère, se fondait lentement, l'eau intérieure dont le point de congélation plus élevé de 0°,0075 à cause du manque de pression, se cristallisait. La chaleur enlevée à l'eau devait traverser toute l'épaisseur des parois de verre du ballon, ce qui, joint à la très-petite différence de température, explique la lenteur de la congélation.

« La pression d'une atmosphère sur un millimètre carré s'élève à 10 grammes environ ; par conséquent un morceau de glace pesant 10 grammes, et reposant sur un autre en le touchant par trois petites pointes dont les surfaces de contact, prises ensemble, s'élèvent à un millimètre carré, produit déjà sur ces pointes une pression d'une atmosphère, et la formation de la glace dans l'eau avoisinante peut avoir lieu beaucoup plus vite que ce n'était le cas dans le ballon, où une paroi de verre séparait la glace de l'eau. Même avec des morceaux de glace d'un poids beaucoup plus petit, le regel pourrait se produire dans l'espace d'une heure. A la vérité, plus les ponts nouvellement formés deviennent larges, plus la pression exercée sur le morceau de glace supérieure doit se repartir sur des surfaces plus grandes et devenir, par conséquent, plus faible ; en sorte que les ponts de jonction, sous une pression aussi faible, ne peuvent augmenter que peu et lentement, et sont par suite facilement brisés lorsqu'on cherche à séparer les morceaux de glace.

« Quant aux expériences de Faraday, dans lesquelles deux morceaux de glace percés étaient suspendus à une tige de verre horizontale, sans que la pesanteur pût exercer une pression entre eux, il n'est pas douteux que l'attraction capillaire ne soit suffisante pour produire entre les morceaux une pression de quelques grammes, et ce qui a été dit plus haut montre que c'est là une pression capable de produire des ponts de jonction au bout d'un temps suffisant.

« Si, au contraire, on presse fortement l'un contre l'autre, avec les mains, deux des cylindres de glace déjà décrits, ils adhèrent si fortement l'un à l'autre au bout de quelques instants, qu'il faut un effort considérable pour parvenir à les briser de nouveau, et même quelquefois la force des mains n'est pas suffisante pour cela.

« Dans mes expériences j'ai trouvé généralement que la solidité et la rapidité de la soudure des morceaux de glace correspond si exactement à la pression employée, que je ne puis douter que la pression ne soit véritablement la cause sufisante de la soudure.

« Dans l'explication proposée par M. Faraday, suivant laquelle le regel résulterait d'une action de contact de la glace sur l'eau, je trouve une difficulté théorique. Lors de la congélation de l'eau, une quantité très-notable de chaleur latente doit être mise en liberté, et l'on ne voit pas ce qu'elle devient.

« Finalement, si la glace, avant de se liquéfier, passait par un état intermédiaire de viscosité, un mélange de glace et d'eau qu'on laisserait pendant plusieurs jours à la température de 0° devrait en définitive prendre uniformément cet état dans toute sa masse, dès qu'elle aurait complétement et uniformément acquis cette température; or, tel n'est jamais le cas.

« Quant à ce qu'on a appelé la plasticité de la glace, M. James Thomson en a donné une explication qui ne suppose point la formation de ruptures dans l'intérieur de la glace. Dans le fait, il est clair que, lorsqu'une masse de glace subit de fortes pressions inégalement réparties dans son intérieur, une partie de la glace la plus comprimée doit fondre, et la chaleur nécessaire à cette liquéfaction lui est fournie par la glace moins comprimée et par l'eau en contact avec elle ; ainsi, dans les parties comprimées, la glace fondrait, et dans les parties non comprimées, l'eau gèlerait, de sorte que de cette manière la glace se déformerait successivement et céderait à la pression. Mais il est évident aussi que, par suite de la mauvaise conductibilité de la glace pour la chaleur, une pareille opération doit se produire avec une lenteur extraordinaire, si, comme c'est le cas dans les glaciers, les couches de glace comprimées et plus froides sont à une grande distance des couches moins comprimées et de l'eau qui doivent leur fournir de la chaleur pour la fusion.

« Pour éprouver cette théorie, j'ai placé dans un vase en verre, un morceau de glace cylindrique d'environ un pouce de diamètre entre deux disques de glace de trois pouces de diamètre, et j'ai chargé le disque supérieur d'une pièce de bois, sur laquelle j'ai placé un poids de 20 livres. Ainsi la section du petit morceau de glace était soumise à une pression de plus d'une atmosphère. Tout le vase fut entouré de morceaux de glace et laissé pendant cinq jours dans une chambre dont la température était peu supérieure à 0°. Dans ces circonstances, la glace soumise à la pression dans le vase devait fondre, et l'on pouvait s'attendre à ce que le cylindre étroit, sur lequel la pression s'exerçait le plus fortement, se fon-

dît principalement. Il se formait aussi un peu d'eau dans le vase, mais principalement aux dépens des grands disques de glace, qui, placés au-dessus et au-dessous, pouvaient recevoir, au travers des parois du vase, de la chaleur provenant du mélange extérieur de glace et d'eau. Il se produisit aussi un petit anneau de nouvelle glace autour des points de contact du petit morceau de glace avec le large disque placé au-dessous, ce qui montre que l'eau, qui s'était formée sous l'influence de la pression, s'était regelée là où la pression cessait d'agir. Néanmoins, dans ces conditions, il ne s'était manifesté aucun changement notable dans la forme de la pièce intermédiaire qui était le plus fortement comprimée.

« Ainsi, bien qu'il doive se produire des changements de forme des morceaux de glace au bout d'un temps très-long, conformément à l'explication de M. Thomson, c'est-à-dire parce que les parties les plus fortement comprimées se fondent et que la glace se reforme dans les places qui ne sont pas soumises à la pression ; l'expérience montre toutefois que ces changements doivent se produire extraordinairement lentement, dans les parties où l'épaisseur du morceau de glace au travers duquel la chaleur est transmise est un peu considérable. Un changement de forme notable, par la fusion, dans une enceinte à une température uniforme de 0°, ne pourrait pas se produire sans une transmission de chaleur provenant du mélange extérieur de glace et d'eau non comprimée ; c'est ce qui ne peut s'effectuer qu'avec une extrême lenteur dans ce cas, où les différences de température sont très-petites et où la mauvaise conductibilité de la glace rend très-lente la propagation de la chaleur.

« Au contraire, les expériences sur la pression, qui

ont été décrites plus haut, montrent que la formation de fissures et le déplacement relatif des surfaces des fissures, rend possible un changement de forme, particulièrement dans la glace granuleuse : et la preuve que des changements se produisent de cette manière dans la glace des glaciers, se trouve clairement dans la structure veinée, dans l'agrégation évidente des fragments granulaires, dans la manière dont les couches changent de position relative par le mouvement, etc. Je ne doute donc point que M. Tyndall n'ait indiqué la cause essentielle et principale du mouvement des glaciers, lorsqu'il l'attribue à la formation de crevasses et au regel.

« Je dois encore rappeler ici que le frottement, dans les grands glaciers, doit engendrer une quantité de chaleur considérable ; en effet, le calcul montre que, lorsqu'une masse de névé descend du col du Géant jusqu'à la source d'Arveyron, l'influence de la chaleur engendrée par le travail mécanique peut en fondre la quatorzième partie. Et comme le frottement doit être le plus grand dans les places où la glace est la plus comprimée, il doit sans doute aussi contribuer à faire disparaître les parties de la glace qui s'opposent le plus à la progression.

« Finalement, je dois encore mentionner que la structure granuleuse de la glace est facile à reconnaître à l'aide de la lumière polarisée. Quand on comprime dans un moule de fer, un morceau de glace limpide, de manière à le transformer en un disque de 5 millimètres d'épaisseur environ, sa transparence est encore assez grande pour qu'on puisse le soumettre à l'observation. On voit à son intérieur, à l'aide de l'appareil de polarisation, une grande quantité de places et d'anneaux différemment colorés, et l'on reconnaît aisément par l'arrangement

des couleurs, les limites des petits fragments de glace, composant la plaque et dont les axes optiques sont disposés dans une foule de directions. L'apparence est essentiellement la même, soit au commencement, c'est-à-dire lorsque la plaque, venant d'être sortie du moule, les fissures ne se manifestent que comme des lignes blanchâtres, soit plus tard lorsque les fentes se sont remplies d'eau par le commencement de la fusion.

« Pour expliquer la permanence de la cohésion du morceau de glace pendant cette déformation, il faut observer que les fentes, dans la glace granuleuse, forment seulement des crevasses dans le fragment et ne le traversent pas de part en part. C'est ce que l'on voit directement lorsqu'on comprime la glace. — Les fentes se forment et s'étendent de différents côtés, comme les fissures que produit un fil métallique chaud dans un tube de verre. La glace présente en outre une certaine élasticité, comme on peut le reconnaître à la flexibilité de lames minces; ainsi un bloc de glace fissuré pourra permettre le déplacement des deux côtés qui limitent la fente, même lorsque ses deux parties sont réunies par la partie du bloc qui n'est pas fendue. Quand la partie de la fente qui s'est formée la première a été refermée par le regel, la fente peut s'étendre finalement de l'autre côté, sans que jamais la continuité du bloc ait été complétement détruite. Il me paraît ainsi douteux que dans la glace comprimée, qui consiste évidemment en grains polyédriques entrelacés, ou dans la glace des glaciers, les fragments soient complétement isolés les uns des autres, avant qu'on cherche à les séparer, et qu'ils ne soient pas plutôt reliés par des ponts de glace, faciles à briser, qui produiraient la solidité comparative de l'amas de cet assemblage évident de granules.

« Ces propriétés de la glace présentent aussi de l'intérêt au point de vue physique, parce qu'elles permettent de reconnaître mieux que par tout autre moyen connu, le passage d'un corps cristallin à l'état granulaire, et les causes d'où dépend le changement de propriétés qui en résulte. La plupart des corps de la nature ne présentent pas de structure cristalline régulière, tandis que nos vues théoriques se rapportent seulement à des corps cristallisés et parfaitement élastiques. C'est justement sous ce rapport que le passage de la glace cristallisée élastique et fragile à l'état de glace granuleuse plastique me paraît un exemple très-instructif. »

Cette publication de M. Helmholtz a déterminé M. Tyndall à faire connaître quelques expériences nouvelles sur le regel et quelques considérations à l'appui de son opinion [1]. Nous extrayons les passages suivants de son travail.

« J'ai placé un petit morceau de glace dans de l'eau chaude et au-dessous de lui j'ai glissé un second morceau de glace. Le fragment submergé était si petit que la pression verticale était presque nulle, néanmoins il se soudait à la surface inférieure du morceau de glace placé au-dessous de lui. Deux morceaux de glace ont été placés dans un vase rempli d'eau chaude : lorsqu'on les laissait se rapprocher l'un de l'autre, ils se regelaient dès qu'ils se touchaient. Les parties voisines du point de contact fondaient rapidement, mais les deux pièces restaient unies pendant un certain temps par un étroit pont de glace. Finalement le pont fondait aussi et les deux pièces se séparaient momentanément. Mais on sait que des corps que l'eau

[1] *Philosophical Magazine*, décembre 1865.

mouille et contre lesquels elle s'élève par attraction capillaire, se rapprochent les uns des autres lorsqu'ils flottent sur l'eau ; c'est ce qui arrivait aux morceaux de glace qui se ressoudaient alors immédiatement. Il se formait un nouveau pont, qui se fondait à son tour, puis les pièces se réjoignaient comme précédemment. Il se produisait ainsi une sorte de pulsation entre les deux morceaux de glace : ils se touchaient et se ressoudaient ; il se formait un pont qui fondait et laissait des morceaux séparés par un intervalle ; ils se rapprochaient, se soudaient de nouveau, et ainsi de suite. On a ainsi l'explication de ce fait curieux que, lorsqu'on place plusieurs grands morceaux de glace dans de l'eau chaude, le regel se maintient entre eux aussi longtemps qu'ils ne sont pas fondus. Les fragments ont à la fin à peine la centième partie de leur dimension primitive, et se soudent constamment les uns aux autres de la manière décrite, jusqu'à leur disparition complète. Ce qui se produit pour des fragments de glace dans un vase d'eau, se produit aussi pour les blocs de glace qui flottent sur le lac Märgelin, et probablement on observerait le même jeu du regel sur les banquises de l'Océan. Il y aurait là un intéressant sujet d'étude.

« Dans la théorie du professeur James Thomson, pour que le regel s'effectue, il faut que les morceaux de glace exercent une pression afin que la glace environnante puisse fournir la chaleur nécessaire à la liquéfaction de la partie comprimée ; alors l'eau doit s'échapper et elle se regèle. Tout cela demande du temps ; dans les expériences précédentes cependant, l'eau liquéfiée par la pression s'écoulait dans l'eau chaude environnante, et néanmoins les morceaux flottants se regelaient en un instant. Il n'est pas nécessaire que les surfaces qui se touchent

soient plates, cas où l'on pourrait supposer qu'une couche d'eau à la température de 0° se trouve comprise entre elles. Les surfaces en contact peuvent être convexes, elles peuvent se toucher par des pointes seulement qui, entourées d'eau chaude, se dissolvent rapidement pendant qu'elles s'approchent les unes des autres; et pourtant elles se regèlent immédiatement dès qu'elles se touchent.

« Nous avons quelques mots à dire relativement à deux points sur lesquels insiste M. Helmholtz : l'un est un argument en faveur de la théorie qu'il a adoptée, et l'autre une objection à l'explication de M. Faraday.

« J'ai trouvé, dit M. Helmholtz, que la solidité et la ra-
« pidité de la soudure des morceaux de glace correspond
« si exactement à la pression employée, que je ne puis
« douter que la pression ne soit véritablement la cause
« suffisante de la soudure. » Mais, suivant l'explication de M. Faraday, la force et la rapidité du regel doivent se produire aussi proportionnellement à la pression. M. Helmholtz fait remarquer avec raison que les surfaces appliquées l'une contre l'autre ne se superposent pas exactement, et qu'en général, elles ne se touchent en réalité que par un petit nombre de points sur lesquels la pression est concentrée. L'effet de la pression exercée sur deux morceaux de glace à la température de 0° ne consiste pas seulement à diminuer l'épaisseur de la couche liquide qui les sépare, mais aussi à aplatir les points comprimés, et à répandre ainsi la couche liquide sur un plus grand espace. Dans les deux théories, par conséquent, la force et la rapidité du regel doit croître avec la grandeur de la pression.

Quant à l'objection que nous avons mentionnée, M. Helmholtz l'expose en ces termes : « Dans l'explication
« proposée par M. Faraday, suivant laquelle le regel ré-

« sulterait d'une action de contact de la glace sur l'eau,
« je trouve une difficulté théorique. Lors de la congélation de l'eau, une quantité très-notable de chaleur « doit être mise en liberté, et l'on ne voit pas ce qu'elle « devient. » Les partisans de l'explication de M. Faraday répondront que la chaleur mise en liberté est diffusée au travers de la glace environnante. Mais on leur répliquera, sans doute, que la glace, étant déjà à la température de 0°, ne peut pas recevoir plus de chaleur sans se fondre. Si cela était vrai dans toutes les circonstances, la théorie de M. Faraday devrait incontestablement être abandonnée; mais l'essence même de son explication réside dans l'hypothèse que les portions intérieures d'une masse de glace exigent, pour passer à l'état liquide, une température plus élevée que celle qui suffit pour produire la fusion à la surface. Pour élucider le sujet, supposons qu'on fasse passer un rayon de chaleur solaire, ou un rayon de lumière électrique au travers d'une masse de glace. La substance se rompt, en formant de ces fleurs liquides à six pétales, que j'ai décrites ailleurs. Les fleurs se dilatent aussi longtemps que le rayon continue à agir; l'énergie de la portion de chaleur absorbée est presque entièrement employée à augmenter les dimensions des fleurs formées durant les premières secondes pendant lesquelles elle a agi, et non pas à former de nouvelles fleurs. Maintenant, il résulte de la théorie de M. Faraday qu'avant que les fleurs aparussent à l'intérieur, la glace avait dû être élevée à une température supérieure à 0°, tandis qu'à la surface, la glace fond à cette température. Par conséquent, lorsque deux surfaces de glace à la température de 0° sont pressées l'une contre l'autre, et quand par suite de cette action de contact admise par M. Faraday,

la couche d'eau qui les séparait est congelée, la glace adjacente (qui est maintenant dans l'intérieur et non plus à la surface comme précédemment) se trouve dans une condition qui lui permet d'enlever, par conductibilité et sans se fondre, la petite quantité de chaleur mise en liberté. Si l'on accorde que cette action de contact admise par M. Faraday est réelle, alors on conçoit sans difficulté que la chaleur rendue sensible par la congélation puisse se disperser.

« Lorsque l'année est avancée et lorsque la glace importée à Londres a été conservée pendant longtemps, on reconnaît, en l'examinant attentivement, qu'il y a des parcelles liquides dans l'intérieur de la masse. J'ai enveloppé dans des feuilles d'étain de la glace contenant ainsi des parcelles d'eau, et je l'ai placée dans un mélange réfrigérant jusqu'à ce que les portions liquides fussent parfaitement congelées; j'ai sorti ensuite la glace du mélange réfrigérant, et je l'ai placée, recouverte de son enveloppe, dans une salle obscure dont la température était légèrement supérieure à 0° : au bout de quelques heures les parcelles gelées étaient de nouveau liquides. La chaleur, qui avait suffi à fondre cette glace intérieure, avait passé au travers de la glace environnante moins fusible, sans diminuer en rien sa solidité. Or, si la température de fusion de ces parcelles de glace est 0°, il faut que la température de fusion de la masse qui les environne soit supérieure à 0°, ce qui est conforme à l'explication de M. Faraday. »

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

MÉTÉOROLOGIE. PHYSIQUE.

BECQUEREL. MÉMOIRE SUR LES ZONES D'ORAGES A GRÊLE DANS LE DÉPARTEMENT DE SEINE-ET-MARNE. *(Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 12 février 1866.)

......J'ai suivi d'abord pas à pas la principale zone dans laquelle se sont mus les orages à grêle qui ont causé des ravages dans le département de Seine-et-Marne pendant trente années, après avoir traversé les départements de Loir-et-Cher et du Loiret.

Cette zone, dans Loir-et-Cher, occupe tout l'espace compris entre la Loire et une ligne à peu près parallèle à son cours, passant au-dessous de Vendôme; elle s'étend dans le Loiret jusqu'à la forêt d'Orléans, où elle se bifurque quelquefois; une branche descend vers le sud, suit le val de la Loire, et l'autre remonte vers le nord pour prendre la direction sud-ouest en évitant la forêt; elle tourne ensuite vers l'est en s'étendant sur une partie de l'arrondissement de Pithiviers, laissant un espace entre sa limite inférieure et la forêt, d'environ 15 à 20 kilomètres de largeur. La carte indique que cet espace est préservé de la grêle. Cette zone, en quittant le département du Loiret, entre dans celui de Seine-et-Marne, où je la suivrai dans un instant.

Je rappellerai, auparavant, que la partie du Loiret située à l'est de la forêt d'Orléans est très-peu atteinte par la grêle, à l'exception de quelques communes comprises principalement dans une zone d'orages venant de la Loire à la hauteur de Nevoy, Gien et Briare. Cette courte description indique la nature de l'influence qu'exercent les forêts d'Orléans et

de Lorris sur la position de la principale zone des orages à grêles dans le département du Loiret.

La grande zone. dont il a été question avant celle-ci, s'étend vers l'est. dans l'arrondissement de Fontainebleau, d'un côté jusqu'à la forêt, qu'elle semble éviter, de l'autre, du côté opposé. jusqu'à Château-Landon ; elle cesse de se montrer à la hauteur de Montereau : elle est le lieu d'orages qui ravagent fréquemment l'espace qu'elle recouvre. Elle se montre de nouveau à la hauteur de Nangis. remonte vers le nord. puis s'étend sur une grande partie de l'arrondissement de Provins, autour de la forêt de Jory. et sur une petite partie de celui de Coulommiers. Cette zone paraît être une suite de la première: entre l'une et l'autre se trouve un espace qui est très-rarement atteint par la grêle. On trouve encore une autre zone, mais très-petite. autour de Brie-Comte-Robert, entre la forêt de Sénart et celle d'Armainvilliers. Quant aux arrondissements de Melun et de Meaux. la forêt de Fontainebleau. ainsi que les forêts de Sénart et autres, semblent les préserver en grande partie. car ils sont faiblement atteints par le météore. Ces forêts agissent donc comme celle d'Orléans et de Montargis, la première à l'égard de la partie Est du Loiret, la seconde relativement aux cantons de Ferrières et de Courtenay qui souffrent peu de la grêle.

On peut objecter que les forêts ne se trouvent pas dans les mêmes conditions que les communes rurales, où les propriétés sont assurées ; cela est vrai, mais on a des moyens de les interroger à l'aide des personnes qui s'occupent sérieusement de météorologie dans les localités où elles sont situées. On sait que les jeunes taillis éprouvent des dégâts par l'effet des gelées printanières, des hannetons et autres causes destructives, et d'où résultent des altérations plus ou moins profondes qui nuisent à la végétation et dont on tient note. Cela posé, voyons les observations faites à cet égard dans les forêts dont il vient d'être question.

Les orages à grêle sont très-rares dans la forêt d'Orléans; on ne cite comme ayant produit quelques dégâts que l'orage du 11 mai 1860 : de jeunes tiges ont été coupées par la grêle dans une plantation de pins; mais il faut ajouter que ce sinistre a eu lieu dans la portion de la forêt qui dépend de la commune de Neuvy-aux-Bois, située au nord et tout près de la zone des orages de la Beauce, commune qui n'a été grêlée que deux années en trente ans. Ajoutons encore que bien que les forêts des trois départements en question paraissent exercer une action préservatrice, néanmoins elles ne sont pas elles-mêmes à l'abri des orages extraordinaires qui ravagent tous les lieux par où ils passent; leurs lisières peuvent être atteintes par les orages ordinaires quand elles sont placées sous le vent qui les amène.

Il grêle assez souvent dans la forêt et sur la ville de Fontainebleau, mais toujours d'une manière inoffensive, comme le constatent les états des dégâts produits depuis 1664 sur les jeunes taillis par les gelées tardives et autres causes, et dans lesquels il n'est fait nullement mention de sinistres causés par la grêle.

D'un autre côté, on ne signale de dégâts sérieux produits par la grêle dans les jardins du château depuis quarante-quatre ans, qu'en 1822 ou 1823. La carte de Seine-et-Marne ne fait mention au surplus que d'une seule année de grêle dans la commune de Fontainebleau depuis trente ans.

La plupart du temps les orages qui passent sur la forêt sont des démembrements des orages qui parcourent la zone faisant suite à celle de la Beauce; ils arrivent par les gorges de Franchard, à l'extrémité desquelles se trouve un plateau couvert d'une futaie de chênes où ils se bifurquent; la plus forte branche s'infléchit au sud vers Moret, qui n'a été grêlé qu'une seule fois en trente ans, notamment en 1865 lors de l'orage du 19 juillet; l'autre branche se dirige sur Chailly, qui ne l'a été que deux années durant la même période.

La forêt de Montargis n'est point atteinte par la grêle; les

orages qui arrivent de la Loire se bifurquent à 1 kilomètre environ de la forêt : les deux branches qui en résultent suivent la vallée du Loing, l'une en aval, l'autre en amont. Le village de Paucourt, situé dans l'intérieur de la forêt, n'a été atteint qu'une seule fois en trente ans.

Les exemples que l'on vient de citer montrent bien que les forêts des départements du Loiret et de Seine-et-Marne semblent faire dévier les nuages orageux de leurs directions habituelles, les diviser en deux ou plusieurs branches, ou arrêter la chute de la grêle.

Il a été établi dans le premier Mémoire sur la carte des zones d'orages à grêle qu'il existait deux classes de ces orages : les orages réguliers, dont le retour est soumis à une certaine régularité et qui semblent fortement influencés par des causes locales ; et les orages irréguliers ou extraordinaires, paraissant de loin en loin, et qui, en raison de la vitesse du vent, de la compacité des nuages et de la grosseur des grêlons, ne paraissent pas être influencés autant que les premiers par les causes locales, et qui ravagent la plupart des lieux que les autres n'atteignent pas ordinairement.

Je parlerai d'abord des orages réguliers.

Si l'on classe pour chaque commune les années de grêle par ordre de date, on voit immédiatement que ces années ne se succèdent pas au hasard, et qu'elles forment des séries de deux, trois, quatre, jusqu'à sept années successives. Cet état de choses existe dans les départements dont les cartes à zones d'orages sont achevées. Je vais en fournir des exemples pris dans les trois départements.

Département du Loiret.	*Années de grêle.*
Épieds	[1836, 1837], 1839, [1843, 1844], [1847, 1848], [1850, 1851, 1852, 1853], 1855, 1858.
Villamblin	1839, [1843, 1844, 1845], 1849, [1852, 1853, 1854].

Saint-Péravy-la-Colombe .	1839, [1841, 1842, 1843, 1844, 1845], [1852, 1853], [1858, 1859, 1860, 1861], 1865.
Montbouy	[1836, 1837, 1838, 1839], 1841, [1848, 1849, 1850], 1860.
Départ. de Loir-et-Cher.	
Châtillon-sur-Cher	1841, 1849, [1856, 1857, 1858, 1859].
La Chapelle-Saint-Martin .	1845, [1850, 1851, 1852], [1855, 1856], [1858, 1859], 1861.
Lorges	1852, 1855, [1858, 1859, 1860, 1861, 1862], 1864.
Pouillé	1852, [1856, 1857, 1858, 1859, 1860, 1861].
Villebout	[1847, 1848, 1849, 1850, 1851, 1852], [1855, 1856], [1858, 1859].
Départ. de Seine-et-Marne.	
Tousson	[1847, 1848, 1849], [1852, 1853], 1860, 1862.
Mondreville	1842, 1845, [1849, 1850, 1851, 1852], 1856, [1858, 1859, 1860, 1861].
Provins	[1841, 1842], 1844, [1851, 1852, 1853], 1855, [1858, 1859].

Ces exemples, pris dans plusieurs centaines d'autres, mettent bien en évidence les séries composées de deux ou plusieurs années successives de grêle.

Je signalerai deux communes offrant des séries remarquables : *Pouillé*, qui n'a été grêlée qu'une seule fois de 1836 à 1852, puis six années de suite, et après rien ; *Villebout :* aucun désastre n'a été signalé jusqu'en 1846 ; puis la commune a été grêlée pendant six années consécutives et a présenté ensuite deux séries de deux.

Quelle est la cause ou plutôt quelles sont les causes de ces

séries? On l'ignore; on sait seulement que des communes voisines placées sous le vent des orages participent à ces séries, tandis que d'autres un peu plus éloignées en présentent à peine des traces. Cela tend à prouver que les causes de ces séries sont terrestres et atmosphériques.

Quant aux orages irréguliers, j'ai indiqué dans le précédent Mémoire ceux qui ont causé le plus de ravages dans des communes du département du Loiret où il n'était pas tombé de grêle depuis plus de cinquante ans. Je me suis borné pour celui de Seine-et-Marne à rapporter sur la carte l'orage du 19 juillet 1865 qui a causé des dégâts pour 1200000 à 1500000 francs environ dans ces deux départements. Cet orage, quoique ayant tous les caractères d'un orage irrégulier, n'est pas sorti de la zone dans laquelle se meuvent les orages réguliers, et il a même ravagé l'espace qui sépare les deux zones. Il est à remarquer que les nuages composant cet orage ont parcouru une grande étendue de pays sur une largeur de plus de 50 kilomètres, puisqu'en même temps qu'il ravageait une partie de l'arrondissement de Pithiviers il tombait dans le canton de Châtillon-sur-Loing, où je me trouvais alors, sans produire de dégâts, des grêlons remarquables par leur grosseur: j'en ai été témoin, et j'en ai fait part à l'Académie à cette époque.

Je me suis abstenu dans le Mémoire, pour expliquer les faits, de mettre en avant des idées théoriques; je me suis borné à exposer purement et simplement ces faits, pensant que leur importance suffisait pour attirer l'attention des personnes qui s'occupent de physique terrestre et de météorologie.

PERROT. EXPÉRIENCES ENTREPRISES DANS LE BUT DE VÉRIFIER PLUSIEURS POINTS DE LA THÉORIE DE L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 29 janvier 1866.)

On sait qu'une pile voltaïque n'entre en action et ne pro-

duit d'électricité que lorsqu'un circuit électrique s'établit entre ses deux pôles. On dit, au contraire, que l'électricité statique peut être développée par un électromoteur sans qu'il existe aucune communication, aucun circuit interpolaire. Ainsi, on admet : 1° qu'un corps chargé d'électricité statique électrise à distance sans courant électrique, par influence ou induction en les polarisant, tous les corps conducteurs isolés qui l'environnent ; 2° qu'un des pôles ou conducteurs de la machine électrique en activité se charge d'électricité statique quoique isolé de l'autre pôle.

Électrisation, avec ou sans courant, des corps *isolés*, voilà quels seraient, dans la théorie admise, les principaux caractères distinctifs de l'électricité statique.

Les expériences qui suivent me paraissent démontrer que ces caractères n'ont pas d'existence réelle : qu'il est aussi impossible de charger un corps *isolé* d'électricité statique que d'électricité dynamique : qu'enfin l'une et l'autre de ces deux électricités ne se transmettent qu'à l'aide de courants, et seulement aux corps faisant partie du circuit interpolaire. Ces électrisations des corps seraient dues à leur défaut d'isolement. Elles seraient, dans mon opinion, le résultat de l'excessive tension de l'électricité statique, qui à l'insu de l'expérimentateur établirait une communication électrique, au travers de l'air ambiant, entre les corps posés sur des supports isolants.

En effet, on peut conclure, je crois, des expériences de M. Gassiot que l'électricité d'un conducteur qui lance une étincelle de 25 centimètres de longueur doit avoir une tension un million de fois environ supérieure à la tension de l'électricité d'un élément voltaïque : en d'autres termes, si je ne me trompe, que dans l'air, à une distance de $^1/_{100}$ de millimètre, l'action d'un élément voltaïque est à peu près égale à celle qu'exerce à la distance de 10 mètres le conducteur électrisé qui lance l'étincelle à 25 centimètres.

Pour obtenir un isolement suffisant des corps soumis aux

expériences, et rendre manifestes les courants et les actions qui s'établissent, j'ai procédé de la manière suivante : ayant isolé une grande capsule de verre remplie d'huile de colza tenant en suspension des parcelles de feuilles d'argent, j'ai plongé dans cette huile une sphère métallique communiquant avec le conducteur d'une machine électrique ordinaire; afin de rendre plus stable la tension électrique du conducteur, j'ai mis ce dernier en contact avec l'armure intérieure d'une bouteille de Leyde dont l'autre armure communiquait au sol.

Première expérience. — Je me suis assuré de la grande sensibilité électrique du liquide, en constatant qu'une charge de 1 degré environ, indiquée par un électroscope à cadran très-sensible, suffisait pour occasionner des courants rapides près de la pointe non isolée que je présentais dans l'huile, à distance de la sphère immergée.

Deuxième expérience. — Après avoir enlevé la pointe d'essai, j'ai électrisé le conducteur à 72 degrés, tension correspondante à une charge environ cent cinquante fois plus considérable que celle de 1 degré, et cependant la sphère immergée, quoique communiquant au conducteur électrisé, ne m'a paru manifester ni attraction ni répulsion sur les parcelles d'argent environnantes. Elle ne s'est pas électrisée.

Il me semble résulter de là : 1° que loin d'être électrisé à distance par influence, comme on l'admet, un corps bien isolé ne peut pas même recevoir d'électricité par contact; 2° qu'un des pôles de la machine électrique ne peut être électrisé s'il est isolé; 3° et enfin, que les pointes collectrices des conducteurs isolés des corps voisins par le plateau de verre électrisé positivement de la machine, se trouvant dans le cas de la sphère immergée, ne peuvent se charger de l'électricité positive du conducteur et par conséquent la dissiper.

Troisième expérience. — A l'aide d'un fil de soie isolant, ayant soulevé hors le bain d'huile la sphère immergée,

maintenue en contact avec le conducteur, je l'ai trouvée fortement électrisée; elle attirait vivement et foudroyait les corps non isolés qu'on lui présentait; mais plongée de nouveau dans le liquide, elle n'exerçait aucune action sur les parcelles métalliques environnantes.

Il suffit donc d'isoler un corps électrisé pour lui faire perdre ses propriétés électriques.

Quatrième expérience. — J'ai ensuite plongé dans l'huile, comme dans la première expérience, une pointe métallique non isolée. Tout aussitôt des courants opposés, et dirigés l'un vers l'autre, sont partis de la sphère et de la pointe.

Cette expérience me semble démontrer: 1° que si les fluides isolants ne transmettent pas l'électricité par conduction, ils la communiquent par convection, c'est-à-dire en transportant les unes vers les autres les molécules électrisées différemment par les corps faisant partie du circuit; 2° que deux corps très-distants et électrisés différemment établissent entre eux, dans l'air toujours un peu humide et mille fois au moins plus mobile que l'huile visqueuse, des courants électrisés qui rendent leur isolement impossible; 3° que les courants liquides nous offrent un exemple de transformation d'électricité en force motrice.

Cinquième expérience. — A l'aide d'un fil isolant, j'ai suspendu et immergé dans l'huile, près de la première sphère, une seconde sphère métallique légère, afin de voir si elle serait électrisée par influence. Ayant de nouveau électrisé le conducteur jusqu'à 72 degrés, je n'ai remarqué aucune polarisation ou action électrique, ni entre les deux sphères, ni entre elles et les parcelles d'argent; tout est encore resté en repos; aucune électrisation par influence ne s'est manifestée. Ici donc encore, l'électricité statique se comporte comme l'électricité de la pile.

Sixième expérience. — J'ai immergé au delà de la sphère suspendue une sphère non isolée; immédiatement après la mise en action de la machine, la sphère immergée, la sphère

suspendue et la sphère présentée ont manifesté leur état électrique par des courants liquides partant des pôles de chaque sphère vers la sphère voisine.

Septième expérience. — Après avoir adapté un manche isolant au milieu d'un fil métallique pointu à chaque extrémité, j'ai présenté une de ces pointes à la sphère suspendue, l'autre pointe étant dirigée dans l'air: les phénomènes de l'expérience précédente se sont reproduits, mais avec moins d'intensité.

Cette expérience me paraît offrir la preuve qu'entre les corps voisins chargés de l'électricité négative développée par la machine et la pointe dirigée dans l'air, il naît des courants semblables à ceux du liquide, courants à l'aide desquels s'établit le circuit interpolaire indispensable à l'électrisation.

Il me reste encore quelques conclusions à soumettre à l'Académie, ainsi que d'autres expériences: j'en ferai l'objet d'une prochaine communication si elle daigne me le permettre.

MM. Balfour Stewart et Tait. Du réchauffement qu'éprouve un disque par le fait de sa rotation rapide dans le vide. *(Séance de la Société royale de Londres* du 1er juin 1865.)

Le disque employé avait 13 pouces anglais (environ 33 centimètres) de diamètre et était vertical. Un thermomultiplicateur était disposé de façon à présenter l'ouverture du cône qui enveloppe l'une des faces de la pile thermo-électrique, vers la surface du disque. Le tout était placé dans une cloche en verre de 15 pouces de diamètre sur 16 de hauteur dans laquelle on faisait un vide aussi parfait que possible. Les fils du thermomultiplicateur arrivaient à un galvanomètre placé hors de la cloche. Nous n'insistons pas sur les autres détails de l'expérience et en particulier sur les précautions prises pour que la pile thermo-électrique ne fût exposée

à aucune autre source de chaleur que celle provenant du disque.

On faisait tourner le disque très-rapidement pendant une demi-minute seulement et son réchauffement, conséquence de cette rotation, était indiqué par la déviation de l'aiguille du galvanomètre thermomultiplicateur.

Le disque soumis à l'expérience était d'aluminium (ce métal ayant été préféré à toute autre substance parce que la chaleur se communique plus facilement et plus rapidement dans toute la masse) : il avait 13 pouces de diamètre et $\frac{1}{20}$ de pouce d'épaisseur. Dans quelques cas, on avait recouvert sa surface d'une mince couche de noir de fumée. Après divers essais, on était arrivé à trouver que la vitesse la plus convenable était celle de 2500 révolutions du disque dans 30 secondes, qu'on obtenait en faisant faire 20 révolutions à la manivelle. Après avoir donné une température bien déterminée au disque par une immersion dans un bain de mercure, on l'a mis en rotation et, dans trois séries d'expériences successives, on a obtenu une élévation de température de 0°,85 Farnh. avec une tension de l'air de 0,3 de pouce. Dans une quatrième série, l'élévation de la température n'a plus été que de 0°,75 F., toutes les autres circonstances restant les mêmes, sauf que la tension de l'air était de 0,65 de pouce. Dans d'autres expériences où le disque avait été couvert d'une couche de noir de fumée, l'élévation de température fut de 0°,93 sous la pression de 0,60 pouce, c'est-à-dire de près d'un quart plus considérable que quand la surface du disque était métallique : preuve que l'effet produit provient bien du rayonnement du disque et non du réchauffement de l'air.

Les auteurs cherchent ensuite à trouver la cause du réchauffement du disque ; ils montrent qu'il n'est point dû à la chaleur développée par le frottement de l'axe de rotation contre les supports, en employant comme supports une substance non conductrice ; ils excluent également la supposition

qui attribuerait cette chaleur, soit à des courants électriques développés sur le disque par l'action du magnétisme terrestre, soit à un dépôt de vapeurs sur sa surface. Il ne reste donc plus que deux causes auxquelles on puisse l'attribuer, l'action du disque en mouvement sur l'air qui reste toujours, même quand on a fait un bon vide, ou sur le milieu éthéré dans lequel le disque se meut; peut-être aussi les deux causes peuvent-elles agir également.

Ce qui ferait croire que l'action du disque sur l'air resté dans la cloche n'influe pas notablement sur le résultat, c'est que l'effet est aussi considérable dans de l'air raréfié à 0.3 de pouce que dans de l'air raréfié à 0.65; avec un disque de bois il n'y avait pas de différence sensible dans le réchauffement que l'air ne fût raréfié qu'à 4.0 ou à 2.0 pouces, ou à 0,5 pouce.

Enfin, pour écarter l'idée que le réchauffement, tout en étant indépendant de la tension du gaz, proviendrait de la friction fluide, c'est-à-dire de la friction opérée entre les particules en contact, on a opéré avec de l'hydrogène aussi bien qu'avec de l'air ordinaire, les deux gaz étant placés dans les mêmes conditions, et on n'a pas trouvé de différence sensible; or on aurait dû avoir un effet beaucoup moins considérable avec de l'hydrogène.

Les auteurs, en soumettant leurs expériences à la Société royale, ne se prononcent point encore d'une manière positive sur l'origine du réchauffement qu'ils ont observé, mais désirent attirer l'attention sur leurs recherches qu'ils se proposent de continuer.

DOLLFUS-AUSSET. MATÉRIAUX POUR L'ÉTUDE DES GLACIERS. — Paris, 1863 à 1865. Grand in-8°.

Nous nous bornons aujourd'hui à signaler cet ouvrage que nous aurons sans doute à analyser avec plus de développements quand sa publication sera terminée. Les cinq volumes

qui ont paru jusqu'ici ne contiennent guère de travaux originaux, mais une compilation méthodique des principales recherches qui ont été faites sur les glaciers. Le premier volume (deux parties) donne des listes, par ordre alphabétique, des auteurs qui ont traité des hautes régions des Alpes, des glaciers et de quelques questions qui s'y rattachent. Les autres volumes portent les titres suivants : Hautes régions des Alpes, géologie, météorologie, physique du globe : Phénomènes erratiques : Ascensions : Glaciers en activité. Cette collection considérable de matériaux sera précieuse pour tous ceux qui s'occupent de la question des glaciers, en leur facilitant beaucoup des recherches bibliographiques que le grand nombre de publications sur ce sujet rendait extrêmement laborieuses.

L'auteur a réservé les trois derniers volumes à ses propres recherches, à ses nombreuses observations et à l'exposé de ses idées théoriques. On peut déjà prévoir que ces travaux donneront lieu à une discussion intéressante : c'est ce que prouvent un certain nombre de notes intercalées dans les premiers volumes. M. Dollfus n'admet pas la théorie de la formation des glaciers par compression et regel de la neige. En outre, il insiste fréquemment sur le fait qu'au-dessus de 2700^{m} d'altitude, les glaciers sont adhérents et gelés au sol, et que par suite ils ne polissent plus les roches ; il en conclut que l'absence de traces des glaciers à une hauteur plus grande ne donne point la limite de l'extension qu'ils ont prise pendant l'époque glaciaire.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Prof. LEUCKART, UEBER BIENENZWITTER, etc. SUR LES ABEILLES HERMAPHRODITES. (*Bericht über die Versammlung der deutschen Naturforscher und Aerzte*, 1865, S. 173.)

M. Leuckart a eu l'occasion d'étudier une cinquantaine

d'abeilles hermaphrodites provenant de cette même ruche de M. Eugster, à Constance, qui a fourni à M. de Siebold le sujet d'un mémoire dont nous avons rendu compte[1]. Tous ces individus doivent être considérés comme des ouvrières présentant certains caractères de mâles, mais *jamais* de reines. D'ordinaire l'élément féminin prédomine au point que la nature d'ouvrière saute immédiatement aux yeux. Cependant on observe des cas inverses où l'on croit au premier abord avoir affaire à des faux-bourdons de petite taille avec certains attributs féminins. Le mélange des caractères des deux sexes est du reste si variable que l'on trouverait difficilement deux hermaphrodites semblables. Le plus souvent les attributs masculins et féminins sont mélangés à tort et à travers sans aucune règle appréciable. L'auteur n'a vu aucun exemple d'hermaphrodisme latéral ou transversal pur, c'est-à-dire aucun cas dans lequel l'une des moitiés du corps fût femelle et l'autre complétement mâle. En revanche, on rencontre des cas dans lesquels le caractère féminin prédomine dans l'une des moitiés du corps et le caractère masculin dans l'autre. Il n'est pas rare non plus de voir l'hermaphrodisme sauter alternativement de l'une des moitiés du corps à l'autre. Du reste, il n'y a aucun organe présentant des différences entre les mâles et les femelles qui ne puisse devenir le siége de l'hermaphrodisme, bien qu'ils ne le deviennent pas tous avec une fréquence égale. On se tromperait d'ailleurs fort si l'on pensait que les hermaphrodites présentent constamment des caractères ici masculins, là féminins. Il est fréquent, en effet, de rencontrer des formes intermédiaires qui n'existent jamais à l'état normal. Cela est vrai surtout pour les organes buccaux et pour les pieds postérieurs avec leurs corbeilles et leurs brosses, et cela se voit aussi dans bien d'autres organes. L'organe affecté sans comparaison le plus souvent par l'hermaphrodisme est celui de la vue. En effet, chez aucun des

[1] Voyez *Archives*, 1864, t. XX, p. 64.

individus examinés par l'auteur, les yeux ne se sont trouvés entièrement féminins. Dans la règle les deux yeux composés offrent au même degré le facies masculin. Chez dix exemplaires un seul des yeux était masculin et l'autre féminin, et dans ce cas celui-ci occupait constamment une position moins élevée que celui-là. Une asymétrie analogue s'observe encore plus souvent dans la troisième paire de pattes.

Il est impossible d'entrer ici dans le détail de toutes ces variations sans fin. Nous nous contenterons d'indiquer encore l'opinion de M. Leuckart sur les causes de ce singulier hermaphrodisme. Ces causes ne peuvent évidemment provenir que de la reine abeille. De même que certaines reines ne pondent que des œufs non fécondés et partant n'engendrent que des mâles, de même d'autres reines engendrent des œufs en majorité, ou peut-être en totalité, imparfaitement fécondés et donnent ainsi naissance à des androgynes. Cette opinion était déjà celle de M. de Siebold, mais M. Leuckart refuse de souscrire à l'idée de ce dernier, d'après laquelle l'insuffisance de la fécondation tiendrait au petit nombre des zoospermes. En effet, dans l'état actuel de la science, il semble qu'un seul zoosperme doit suffire à féconder un œuf. La cause de l'insuffisance de la fécondation semble bien plutôt devoir être cherchée dans des particularités d'organisation de la femelle elle-même, particularités qui semblent d'ailleurs être héréditaires : car, selon M. de Berlepsch, le rucher de M. Eugster possède maintenant une seconde reine androgynipare. M. Leuckart rappelle que l'intégrité des zoospermes emmagasinés dans le réceptacle de la semence de la femelle dépend en partie de la composition des sécrétions qui se déversent dans le réceptacle. Il essaie d'attribuer l'androgyniparé à une composition anormale de ces sécrétions qui altérerait l'action fécondante de la semence sans la détruire. En outre de la semence modifiée, il peut exister dans le réceptacle une certaine quantité de semence normale. Dès lors

le mélange en proportion variable de ces deux substances peut produire les degrés les plus variables d'hermaphrodisme.

Japetus STEENSTRUP. SUR L'OBLIQUITÉ DES PLIES ET LA MIGRATION AU TRAVERS DE LA TÊTE DE L'ŒIL SUPÉRIEUR DU CÔTÉ AVEUGLE AU CÔTÉ VOYANT. *(Om Skjærheden hos Flynderne og navnlig om Vandringen af det övre Öie fra Blindsiden til Öiesiden tvers igjennem Hovedet.* Kjöbenhavn, 1864.)

Tous les Pleuronectes ont, comme l'on sait, un corps très-comprimé dont les deux côtés sont inégalement développés. Ce manque de symétrie est accompagné d'une autre particularité, savoir : que les deux yeux sont placés du même côté de la tête, si bien qu'il existe un côté aveugle et un côté voyant. Le premier est incolore ou blanc et regarde vers le bas, soit à l'état de repos, soit pendant la natation : le second est coloré et constamment tourné vers la lumière. Un Pleuronecte repose, par conséquent, sur l'un de ses côtés comme sur une surface ventrale et nage à l'aide des mouvements ondulatoires de ses nageoires impaires qui se trouvent être horizontales. Il résulte de ces singulières dispositions l'établissement d'un équilibre nouveau pour le poisson. La forme du corps se modifie de telle sorte que la moitié ventrale et la moitié dorsale deviennent symétriques dans leurs contours, comme cela a lieu pour le côté droit et le côté gauche chez les autres vertébrés. Chez la plupart des Pleuronectes, ainsi chez les Plies, les Hippoglosses et les Soles, c'est le côté gauche qui est aveugle; en revanche, chez d'autres, comme chez les Turbots et les Plagusies (nom commun à tous les jeunes individus spécifiquement indéterminés du genre Rhombus), c'est le côté droit. Cependant, dans l'un comme dans l'autre groupe, on rencontre des individus renversés *(Vrangflyndre)*, connus sous les noms de *Plies*

contournées, de *Soles contournées*, etc. En outre, on observe parfois dans chaque groupe des individus connus sous les noms de *Plies doubles*, *Soles doubles*, etc., chez lesquels les deux côtés sont colorés de la même manière et à peu près également développés. Ces individus monstrueux ont l'un des yeux placé du côté voyant, l'autre sur le sommet de la tête, et ils nagent dans une position verticale au lieu d'horizontale. Ces Pleuronectes doubles sont tout particulièrement recherchés pour la table, parce que leurs muscles ne sont pas atrophiés d'un côté du corps comme chez les Pleuronectes normaux.

Jusqu'ici la structure si singulière des Pleuronectes a été considérée comme un simple exemple d'obliquité, résultant de ce que l'une des moitiés du corps serait plus développée que l'autre, obliquité comparable, par conséquent, à celle des Peignes et des Tellines parmi les mollusques, ou à celle des Dauphins parmi les mammifères. Cette opinion est vraie dans une certaine mesure; mais M. Steenstrup montre que la déviation de la forme normale ne peut pas s'expliquer par cette seule inégalité de développement.

Pour comprendre exactement les anomalies d'organisation des Pleuronectes, il faut déterminer les rapports de position des yeux avec les parties voisines. Les deux yeux ne sont point placés directement l'un au-dessus de l'autre, l'œil supérieur est tantôt en avant, tantôt en arrière de l'inférieur: en avant, par exemple, chez les Soles et les Plagusies, en arrière chez la plupart des autres. Les deux yeux sont opposés l'un à l'autre, c'est-à-dire que leurs bords supérieurs se regardent, et que le bord inférieur de l'œil supérieur, c'est-à-dire de celui qui appartiendrait normalement au côté aveugle, est tourné vers le bord dorsal du poisson. Les deux yeux sont séparés l'un de l'autre par une arête osseuse. Le crâne ne présente qu'un seul orbite entièrement entouré de pièces osseuses. Cet orbite ne loge que l'œil supérieur; l'œil inférieur est placé en dehors et se trouve séparé de l'autre par

les pièces osseuses du bord inférieur de l'orbite. Ces pièces sont toujours le frontal et le préfrontal du côté voyant, et comme l'œil inférieur est placé au-dessous d'elles, il occupe bien sa position normale relativement aux os de ce côté. Quant à l'œil supérieur, qui appartiendrait normalement au côté aveugle et qui occupe réellement ce côté-là dans le jeune âge, il est renfermé dans un orbite dont le bord inférieur est formé par le frontal et le préfrontal du côté voyant et le bord supérieur par le frontal et le préfrontal du côté aveugle. Cet orbite n'est donc nullement comparable à un orbite normal. Il est en réalité placé au milieu du front. Mais comment l'œil a-t-il pu venir se loger dans un semblable orbite? Il est évident que l'explication ordinaire de l'obliquité des Pleuronectes par une simple torsion ne saurait nullement donner la clef de cette énigme. Qu'on torde la tête d'un poisson comme on voudra, jamais on n'amènera l'un des orbites entre les frontaux et les préfrontaux. Il est constant cependant que dans le jeune âge les Pleuronectes sont parfaitement symétriques avec un œil droit et un œil gauche. Dès lors on ne peut concilier la forme jeune et la forme adulte sans admettre, avec M. Steenstrup, une étrange migration de l'œil appartenant au côté qui devient aveugle. Il faut admettre, en effet, que cet œil passe au travers de la tête sous le frontal et le préfrontal de son côté pour venir se loger entre ces deux os d'une part, et le frontal et le préfrontal du côté opposé d'autre part.

Cette explication de la conformation si exceptionnelle des Pleuronectes par cette étrange migration de l'œil demandait à être confirmée par une étude suivie du phénomène de migration lui-même. Dans ce but, M. Steenstrup a étudié avec soin de jeunes Pleuronectes.

Le premier âge de ces poissons est en réalité resté jusqu'ici à peu près inconnu. Deux auteurs seulement, M. le professeur Van Beneden et M. Malm de Gœtheborg, s'en sont occupés. Toutefois, M. Steenstrup montre, par des raisons

assez concluantes, que le prétendu jeune turbot, transparent comme du verre et à peu près symétrique, qui tomba dans le filet de M. Van Beneden, n'était pas un Pleuronecte, mais vraisemblablement un jeune poisson de la famille des Blennioïdes. Quant au jeune Pleuronecte pêché par M. Malm, il présentait l'un des yeux, dans sa position normale, du côté voyant, et l'autre au sommet de la tête. L'animal nageait obliquement, et ses deux cotés offraient une coloration d'intensité égale. M. Malm supposait avoir eu affaire à un Pleuronecte dont la torsion n'était encore effectuée qu'à moitié. M. Steenstrup croit, au contraire, que le savant Suédois a eu entre les mains une monstruosité de la forme des Pleuronectes dits *doubles*. Le fait que le seul individu tombé dans le filet de M. Malm se soit trouvé monstrueux, ne surprendra pas trop si l'on considère que les Pleuronectes normaux nagent horizontalement en rasant le fond de l'eau, tandis que les Pleuronectes doubles nagent verticalement vers la surface et arrivent ainsi à portée du filet. Grâce aux soins diligents de deux capitaines de la marine danoise, auxquels la science a déjà de grandes obligations, MM. Hygom et Andréa, M. Steenstrup s'est trouvé en possession d'un nombre assez considérable de très-petites Plagusies, transparentes comme du verre, provenant de différentes parties de l'Atlantique. Les Plagusies présentent toutes les phases intermédiaires, depuis celle de poissons parfaitement symétriques jusqu'à celle de turbot à complète asymétrie. Dans cette série de petits poissons déposés au Musée de Copenhague, on peut suivre le passage graduel de l'œil du côté destiné à devenir aveugle, par-dessous la voûte formée par le frontal et le préfrontal de ce côté, jusqu'au côté opposé. Un stade très-curieux, figuré par l'illustre professeur de Copenhague, est celui dans lequel l'œil a opéré la moitié de sa migration et commence à apparaître comme par une petite boutonnière du côté voyant. Comme cet œil est encore visible sur le côté auquel il appartenait primitivement, tout en se laissant déjà

apercevoir de l'autre, le poisson paraît alors avoir trois yeux: deux du côté voyant et un du côté aveugle.

Telle est la belle découverte par laquelle M. Steenstrup vient d'ajouter un nouveau fleuron à la couronne de ses conquêtes scientifiques. Nous devons dire, en terminant, que M. Wyville Thompson a tenté récemment d'interpréter différemment les faits observés par le savant danois. Il admet bien la migration de l'œil, mais cette migration aurait lieu sous les téguments entre la peau et le crâne[1]. Cette interprétation, du reste toute théorique, ne serait nullement propre à simplifier le tableau de cet étrange phénomène.

S. JOURDAIN. SUR LES YEUX DE L'ASTERACANTHION RUBENS. (*Comptes rendus*, 16 janvier 1865, p. 103, et *Ann. and Mag. of Nat. Hist.*, XV, p. 238.)

Dans une communication faite à l'Académie des Sciences de Paris, M. Jourdain distingue dans la série animale deux catégories d'yeux, les yeux *idoscopiques* et les yeux *photoscopiques*. Les premiers sont les yeux munis d'appareil réfringent et permettant, par conséquent, la vision d'images. Les autres sont les yeux dépourvus de tout cristallin et ne pouvant servir, par conséquent, qu'à la distinction de la lumière et de l'obscurité. On le voit, si les noms sont nouveaux, les choses ne le sont guère, mais l'auteur s'imagine que la signification des yeux de la seconde catégorie a été méconnue jusqu'ici par les physiologistes.

Nous aurions passé ici sous silence la note de M. Jourdain, si l'auteur ne s'y attribuait la découverte de l'appareil réfringent dans les yeux des étoiles de mer. Cet appareil a été étudié avec soin dès 1859 par M. Ernest Hæckel, dans un mémoire très-circonstancié consacré aux yeux des Astérides. M. Jourdain ne nous a rien appris de neuf sur le sujet.

[1] Voyez *Annals and Mag. of Nat. History*, XV, p. 361.

Prof. PETERS. SUR L'EXISTENCE NORMALE DE SEULEMENT SIX VERTÈBRES CERVICALES CHEZ LE CHOLOEPUS HOFFMANNI. (*Monatsbericht d. Akad. d. Wiss. zu Berlin*. décembre 1864. p. 678.)

Les mammifères possèdent sept vertèbres cervicales. Les deux seules exceptions à cette règle sont fournies, d'une part. par les paresseux qui en ont neuf. et. d'autre part. par les lamantins qui n'en ont que six. Chez une nouvelle espèce de paresseux à deux doigts *(Cholœpus Hoffmanni)* de Costa-Rica. décrite. il y a quelques années. par M. Peters. ce savant vient de constater l'existence de seulement six vertèbres cervicales. Le groupe des paresseux se trouve donc présenter à cette règle. du reste si constante. de l'existence de sept vertèbres cervicales chez les mammifères. des exceptions soit en plus. soit en moins. Ce cas remarquable nous semble devoir être rapproché de faits analogues cités chez d'autres animaux par M. Darwin. Ce savant a. comme on s'en souvient, fait la remarque que lorsqu'un organe présentant des caractères numériques très-constants dans une classe vient à présenter, par exception, une déviation du nombre typique dans un genre ou une famille, cette déviation se trouve être très-variable suivant les espèces.

Prof. PETERS. SUR LES POISSONS VIVIPARES DU GENRE HÉMIRAMPHE. *(Monatsbericht d. kön. Akad. d. Wiss. zu Berlin*, mars 1865, p. 132.)

Tandis que les Plagiostomes, avec l'exception des genres *Scillia* et *Raja*, engendrent des petits vivants, les autres poissons sont généralement ovipares. Les seules exceptions à cette règle sont jusqu'ici parmi les Cataphractes le Sebaste vivipare, parmi les Blennioïdes le Zoarces vivipare, parmi les Cyprinodontes les genres Anableps et Pœcilie, et enfin la famille des Embiotocides. M. Peters nous apprend que M.

Jagor a fait en outre la découverte de la viviparité de certains Hemiramphes. Ces poissons appartiennent, comme on le sait, à la famille des Scomberesoces, chez laquelle M. Hæckel a découvert la production de fibres très-singulières entre le vitellus et la membrane vitelline. Les espèces observées par M. Jagor habitent les îles de la Sonde.

BOTANIQUE.

L. Rabenhorst. Flora europæa Algarum aquæ dulcis et submarinæ, sectio II. Algas phycochromaceas complectens. Lipzig, 1865 : in-8°.

Les 68 genres de la classe des Chromophycées sont distribués dans deux ordres : 1° les *Cystophorées*, à plantes unicellulaires, solitaires ou agrégées en familles, et entourées d'une enveloppe générale (corps d'Algues non filiforme), et 2° les *Nématogénées*, à plantes multicellulaires, avec accroissement des cellules en séries filiformes. Le premier ordre contient, sous le titre de famille, les *Chroococcacées*, et le second, suivant qu'il y a véritable ramification ou non, qu'il y a ou qu'il n'y pas un accroissement terminal, et encore que les filaments des Algues sont entourés d'une gaîne continue et pourvus d'un mouvement propre, ou qu'ils sont en forme de chapelet (moniliformes) et sans mouvement propre, se distribue en cinq familles, savoir : les *Oscillariacées*, *Nostochacées*, *Rivulariacées*, *Scytonémacées* et *Sirosiphoniacées*. Chacune des trois premières familles des *Nématogénées* est de nouveau divisée en deux ou trois sous-familles.

De même que dans la section I, traitant des Diatomacées, et annoncée dans ce Bulletin[1], un Conspectus generum, expose, au moyen de figures sur bois, simples et claires, les caractères génériques distinctifs de tous les genres de cette classe. Chaque genre de ce conspectus est accompagné de

[1] *Archives*, 1865, t. XXII, p. 174.

quelques mots de texte, qui font saisir à l'instant les différences génériques et permettent, en général, même aux personnes novices, de s'orienter avec certitude dans un groupe de plantes aussi belles que difficiles pour l'étude.—Le texte proprement dit s'étend des pages 29 à 291. Quatre pages d'additions et deux Index, l'un pour les noms de genres et d'espèces admis, l'autre pour les synonymes, terminent la seconde section de cet ouvrage si éminemment pratique. Ce volume a surtout le mérite de remplir une véritable lacune dans les ouvrages de Phycologie, en donnant l'ensemble de celles de nos Algues inférieures, qui sont caractérisées par la présence du Phycochrome, et ce mérite s'accroîtra encore, lorsque nous aurons simultanément en mains la troisième section, qui nous donnera la classe des *Chlorophycées*, dont plusieurs familles présentent des formes absolument analogues à celles qui viennent de nous occuper. — La tendance heureuse de l'auteur, de rapporter cette multitude de simples formes et variétés, décrites et figurées comme espèces distinctes, à leurs espèces véritables, augmente encore la valeur réelle de l'ouvrage. M.

MEISSNER. SUR UNE OROBANCHE PROBABLEMENT NOUVELLE. (*Botanische Zeitung*, 19 janvier 1866.)

Une lettre de M. Meissner et l'article qu'il vient de publier dans la gazette botanique de Halle, nous montrent quel singulier problème soulève l'introduction de l'espèce que l'auteur nomme *Orobanche aralioctona*, et qu'il décrit en détail comme nouvelle. Cette parasite, dit-il, a fait en automne son apparition, dans le jardin botanique de Bâle, sur l'*Aralia papyrifera* Hook., et sur *chaque* pied que nous possédons de cette plante, mais sur aucune autre espèce d'Aralia du jardin, ni sur le lierre, ni sur aucune autre plante quelconque. On se demande donc : est-ce une nouvelle espèce eu-

ropéenne qui croît peut-être sur d'autres plantes de notre pays? ou bien est-ce une compatriote de l'Aralia papyrifera, et alors comment est-elle venue chez nous? Quant à la première de ces alternatives, elle est *possible*, mais n'est appuyée sur aucune observation. Il serait possible aussi, mais purement hypothétique jusqu'ici, que mon *Orob. aralioctona* provînt de l'une ou de l'autre des espèces européennes et eût subi une altération considérable de ses caractères par l'influence de la plante étrangère, sur laquelle elle s'est développée. Je le crois peu probable, parce que ma plante est trop essentiellement différente de toutes nos Orobanches indigènes. J'incline beaucoup plus à croire qu'elle est originaire du même pays que l'Aralia, c'est-à-dire de l'île de Formosa en Chine, et que les graines en sont venues avec l'Aralia (incognito, cela va sans dire), dont les premiers pieds (et jusqu'ici les seuls — autant que je sais) ont été envoyés, en 1852, de Hongkong à Kew, par sir John Bowring, d'où l'espèce s'est bientôt répandue dans les autres jardins, étant facile à multiplier, de manière que très-probablement les innombrables exemplaires que l'on rencontre maintenant dans les jardins proviennent de ces individus originaires de Kew. Mon idée paraîtra, je n'en doute pas, bien hardie et peu probable au premier aperçu. Je crois cependant pouvoir l'appuyer de quelques faits positifs. 1° L'Aralia papyrifera n'a pas encore été tirée de graines et n'a pas encore donné de fruits en Europe. 2° On ne peut la multiplier chez nous que d'une seule manière, savoir: par les racines ou pousses souterraines, mais cela s'opère très-facilement (ce qui explique la grande quantité d'individus qui ont été obtenus et répandus dans les treize années depuis son introduction à Kew). Mon jardinier dit que tous les essais pour propager la plante par bouture ou par les feuilles ont complétement manqué. En effet, cette Aralia ne produit point de rameaux ou bourgeons végétatifs; elle a la tige simple, terminée par un bourgeon qui produit la panicule des fleurs. 3° Il existe des ob-

servations positives (faites déjà par Vaucher, et depuis par d'autres), qui prouvent que les graines des Orobanches et des *Lathræa* peuvent dormir en terre pendant plus de dix ans sans bouger, et puis germer et se développer parfaitement. Or, ne peut-on pas admettre, dans le cas en question, que des graines de mon Orobanche se seraient trouvées sur les racines et dans la terre des premiers individus de l'Aralia, venus directement de Hongkong à Kew; qu'il s'en serait communiqué quelques-unes aux jeunes individus obtenus par la division des racines, que cela se serait continué même pendant plusieurs générations, et que le développement de ces graines n'aurait eu lieu ou n'aurait été observé que sur les Aralia papyrifera du jardin de Bâle? Il est très-possible qu'elles aient germé dans d'autres jardins, longtemps avant l'année dernière, mais qu'on ait de suite extirpé le parasite, ce que mon jardinier a aussi fait. Il en sera resté le *seul* individu, sur lequel j'ai pu voir et examiner l'Orobanche en parfait développement. Je garde soigneusement (dans la même terre et le même pot) l'individu de l'Aralia pour voir s'il me produira encore des Orobanches. Mon idée, dit M. Meissner, est encore bien hypothétique, et il est nécessaire d'observer et d'examiner la chose encore de plus près. C'est précisément dans le but de diriger l'attention des botanistes et des jardiniers sur ce fait curieux, et pour provoquer d'autres observations et opinions, que j'ai cru devoir publier mon article.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1866.

Le 2, couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.
3, id. id.
4, gelée blanche le matin, couronne lunaire dans la soirée.
5 et le 6, brouillard pendant tout le jour.
13, halo solaire de 11 heures à 3 heures.
15, halo solaire partiel de 10 heures à 2 heures.
16, brouillard le matin.
18, gelée blanche; le soir jusqu'à 8 heures 15 minutes, belle lumière zodiacale.
19, forte gelée blanche.
20, couronne lunaire entre 7 heures et 8 heures le soir.
21, faible gelée blanche (minimum + 1°,0); couronne lunaire le soir.
22, forte gelée blanche; couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée; faible brouillard le matin et le soir.
24, couronne lunaire dans la soirée.
25, 26 et 27, gelée blanche le matin; faible brouillard le 27, dans la matinée.
28, brouillard tout le jour jusque vers 10 heures du soir, où il se dissipe en partie, et laisse voir une belle couronne lunaire.
31, gelée blanche le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1er à 2 h. après-m..	725,36
Le 2 à 10 h. matin...	735,19		
		9 à 2½ h. après-m..	709,25
10 à 8 h. soir....	719,68		
		11 à 2½ h. après-m..	708,18
17 à 11½ h. matin...	738,16		
		20 à 4 h. après-m..	728,38
22 à 10 h. matin...	736,31		
		23 à 7½ h. matin...	729,29
25 à 10 h. matin...	740,91		
		29 à 2 h. après-m..	729,49
30 à 10 h. matin...	731,92		

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône.		Limnimètre à midi
	Hauteur moy. de 24 h	Écart avec la hauteur normale.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		pouces
1	726,11	— 1,36	+ 3,93	+4,22	0,0	+ 7,0	5,21	+1,23	849	— 20	680	920	7,2	9	SSO. 1	1,00	...	.....	33,5
2	734,51	+ 7,03	+ 1,56	+1,88	— 0,3	+ 4,5	4,41	+0,43	859	— 10	700	1000	...	..	variable	0,87	6,0	+ 0,8	33,5
3	732,90	+ 5,41	+ 4,16	+4,51	— 0,7	+10,4	4,52	+0,54	732	—137	530	900	..	..	N. 1	0,64	6,1	+ 1,0	33,5
4	731,02	+ 3,52	+ 1,45	+1,82	— 1,8	+ 6,9	4,73	+0,75	916	+ 47	730	1000	...	..	variable	0,37	6,0	+ 0,9	33,5
5	729,63	+ 2,12	— 0,61	—0,22	— 1,2	+ 0,3	4,42	+0,44	993	+124	970	1000	...	..	S. 1	1,00	6,0	+ 1,0	33,5
6	729,35	+ 1,84	+ 0,87	+1,28	— 0,3	+ 2,7	4,90	+0,91	990	+121	950	1000	...	.	SSO. 1	1,00	6,0	+ 1,0	33,5
7	728,90	+ 1,39	+ 2,80	+3,22	+ 1,2	+ 6,0	5,35	+1,36	951	+ 82	850	990	5,6	9	S. 1	0,92	...	.....	33,5
8	723,24	— 4,27	+ 6,00	+6,43	+ 2,9	+10,1	5,92	+1,92	835	— 34	720	970	10,4	15	SSO. 3	0,93	5,8	+ 0,9	33,5
9	714,68	—12,83	+ 4,72	+5,16	+ 0,7	+10,0	4,32	+0,32	714	—155	410	970	5,3	2	SSO. 3	0,84	6,1	+ 1,3	33,7
10	717,56	— 9,95	+ 2,63	+3,08	+ 0,6	+ 4,6	3,90	—0,11	717	—152	490	920	1,2	2	SSO. 3	0,90	5,8	+ 1,0	33,8
11	710,43	—17,08	+ 6,07	+6,53	+ 2,4	+10,0	4,68	+0,67	661	—207	450	730	5,9	5	SSO. 2	1,00	6,0	+ 1,3	34,0
12	722,64	— 4,87	+ 2,30	+2,77	— 2,0	+ 7,2	3,56	—0,45	681	—187	500	790	...	..	variable	0,48	6,1	+ 1,4	34,0
13	732,08	+ 4,58	+ 1,14	+1,60	— 2,0	+ 4,6	3,62	—0,40	730	—138	520	900	...	..	SSO. 1	0,69	5,9	+ 1,2	34,5
14	734,78	+ 7,28	+ 4,08	+4,53	+ 1,0	+ 8,5	5,87	+1,85	941	+ 74	880	960	1,9	3	variable	0,83	...	.....	34,7
15	734,04	+ 6,55	+ 5,14	+5,58	+ 3,3	+ 9,3	6,12	+2,09	923	+ 56	830	980	...	..	N. 1	0,96	6,0	+ 1,4	34,8
16	734,79	+ 7,31	+ 6,19	+6,61	+ 4,1	+ 9,8	5,90	+1,86	837	— 29	610	980	0,7	2	SSO. 1	0,96	6,1	+ 1,5	35,0
17	737,19	+ 9,72	+ 5,78	+6,18	+ 2,1	+10,0	5,67	+1,63	828	— 38	710	970	1,8	2	variable	0,69	6,1	+ 1,5	35,0
18	736,00	+ 8,54	+ 3,41	+3,79	— 0,3	+10,3	4,86	+0,81	828	— 37	620	1000	...	..	SSO. 1	0,07	6,0	+ 1,5	35,0
19	731,73	+ 4,28	+ 4,60	+4,96	— 2,5	+11,4	5,22	+1,16	793	— 71	550	960	...	..	SSO. 1	0,28	5,9	+ 1,4	35,0
20	729,58	+ 2,15	+ 5,43	+5,76	— 0,8	+11,9	5,06	+0,99	744	—124	530	960	...	..	SSO 1	0,24	6,1	+ 1,6	35,0
21	732,61	+ 5,20	+ 3,45	+3,75	+ 0,4	+ 8,6	5,10	+1,02	866	+ 3	690	940	...	..	variable	0,36	...	.....	35,0
22	735,22	+ 7,83	+ 2,58	+2,85	— 2,4	+11,0	4,79	+0,70	847	— 15	660	990	...	..	SSO. 1	0,26	6,0	+ 1,5	35,5
23	730,94	+ 3,57	+ 5,12	+5,35	+ 0,9	+10,1	5,37	+1,27	803	— 58	630	920	6,5	7	variable	0,84	5,9	+ 1,4	35,5
24	736,36	+ 9,01	+ 4,27	+4,46	+ 2,4	+ 6,1	4,48	+0,37	729	—131	620	810	...	..	NNE. 3	0,30	5,6	+ 1,2	35,7
25	740,20	+12,87	+ 2,06	+2,21	— 1,5	+ 6,3	4,24	+0,12	796	— 63	610	960	...	..	NNE. 1	0,33	5,8	+ 1,4	35,8
26	739,62	+12,32	+ 2,00	+2,11	— 2,1	+ 8,4	4,51	+0,39	839	— 18	690	960	...	..	variable	0,06	5,9	+ 1,5	35,8
27	738,23	+10,95	+ 0,60	+0,66	— 3,8	+ 6,0	4,55	+0,42	925	+ 69	770	1000	...	.	SSO. 1	0,13	5,8	+ 1,4	35,5
28	734,51	+ 7,26	— 0,99	—0,98	— 3,1	+ 1,5	4,36	+0,23	992	+137	950	1000	...	..	SSO. 1	0,89	...	.....	35,5
29	730,21	+ 2,99	+ 6,67	+6,63	— 1,0	+11,0	5,45	+1,31	722	—132	620	820	...	..	SSO. 2	0,97	5,7	+ 1,3	35,2
30	730,90	+ 3,71	+ 4,58	+4,49	+ 1,4	+11,0	5,73	+1,58	891	+ 39	700	970	...	..	variable	0,30	5,9	+ 1,5	35,0
31	727,88	+ 0,72	+ 5,27	+5,12	— 1,9	+10,9	5,37	+1,22	768	— 82	610	960	...	..	SSO. 1	0,61	5,9	+ 1,5	35,0

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1866.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,20	727,28	727,51	726,59	725,85	726,21	726,51	726,68	726,94
2e »	730,00	730,48	730,86	730,42	729,76	729,99	730,39	730,70	730,93
3e »	734,18	734,42	734,79	734,39	733,71	733,76	734,06	734,48	734,52
Mois	730,58	730,85	731,17	730,59	729,90	730,11	730,44	730,75	730,91
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 1,37	+ 2,11	+ 3,22	+ 4,35	+ 5,15	+ 4,19	+ 3,79	+ 2,63	+ 1,96
2e »	+ 2,03	+ 2,04	+ 4,18	+ 7,29	+ 8,15	+ 7,11	+ 5,26	+ 4,60	+ 3,78
3e »	+ 0,59	+ 0,76	+ 3,46	+ 6,20	+ 6,78	+ 6,40	+ 5,12	+ 3,30	+ 2,35
Mois	+ 1,31	+ 1,61	+ 3,62	+ 5,95	+ 6,70	+ 5,92	+ 4,73	+ 3,50	+ 2,69
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,48	4,50	4,67	4,88	5,18	5,14	4,95	4,73	4,59
2e »	4,67	4,87	5,06	5,29	5,26	5,32	5,14	5,14	4,98
3e »	4,37	4,29	4,79	5,26	5,31	5,23	5,28	5,00	4,82
Mois	4,50	4,55	4,84	5,15	5,25	5,23	5,13	4,96	4,79
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	887	854	824	800	798	836	821	855	874
2e »	874	909	812	687	646	700	770	803	816
3e »	911	882	818	740	722	735	803	864	883
Mois	891	882	818	742	722	756	798	841	858

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	p.
1re décade	+ 0,11	+ 6,25	0,85	5,97	29,7	33.55
2e »	+ 0,53	+ 9,30	0,62	6,02	10,3	34,70
3e »	— 0,97	+ 8,26	0,46	5,83	6,5	35,41
Mois	— 0,14	+ 7,95	0,64	5,94	46,5	34,58

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,36 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 24,0 O. et son intensité est égale à 51,6 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1866.

Le 1er brouillard jusqu'à 10 heures du matin.
2, brouillard le bon matin.
10, brouillard jusqu'à 2 heures de l'après-midi.
11, brouillard le matin et le soir.
12, brouillard dans la journée.
14, brouillard jusqu'à 2 heures de l'après-midi.
17, brouillard jusqu'à 4 heures de l'après-midi.
30, brouillard à 6 heures du matin.

Le 10, le 11 et le 23 la quantité de neige mesurée est probablement trop faible, parce qu'elle tombait par un fort vent qui l'emportait hors du réservoir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 6 h. soir	567,82	Le 1er à 2 h. après-m.	561,40
10 à 10 h. soir	554,74	10 à 6 h. matin...	547,40
14 à 10 h soir	570,00	11 à 6 h. soir	550,82
18 à 10 h. matin...	570,80	17 à 6 h. matin...	566,03
22 à 10 h. matin...	570,73	20 à 2 h. après-m.	565,11
25 à 8 h. soir	573,61	23 à 2 h. après-m.	563,09
30 à 8 h. soir .. .	566,16	29 à 4 h. après-m.	565,00

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum *	Température C. Maximum *	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	562,53	+ 1,72	561,40	564,38	— 8,69	+ 0,42	— 9,1	— 7,9	150	17,6	8	SO. 1	1,00
2	566,57	+ 5,79	564,83	567,82	— 9,38	— 0,24	— 9,9	— 8,0	40	4,2	4	variable	0,22
3	567,36	+ 6,60	566,82	567,74	— 3,70	+ 5,48	— 6,5	— 0,6	.....	.....	.....	NE. 1	0,34
4	566,58	+ 5,84	566,15	567,21	— 5,54	+ 3,67	— 7,7	— 3,3	.....	.....	.....	SO. 1	0,28
5	564,25	+ 3,53	563,98	564,70	— 5,80	+ 3,44	— 7,3	— 3,8	.....	.....	.....	variable	0,21
6	563,95	+ 3,25	563,27	564,96	— 5,19	+ 4,08	— 6,0	— 3,1	.....	.....	.....	NE. 1	0,64
7	562,54	+ 1,86	561,35	564,03	— 5,85	+ 3,44	—10,1	— 1,9	70	5,2	6	NE. 1	0,70
8	559,34	— 1,32	558,84	560,05	— 4,23	+ 5,09	— 6,8	— 1,4	230	18,9	12	NE. 1	0,89
9	551,29	— 9,35	547,78	555,69	— 9,54	— 0,19	—12,1	— 7,0	50	3,4	6	variable	0,57
10	551,32	— 9,30	547,40	554,74	—12,65	— 3,28	—13,5	—11,6	20	1,5	3	NE. 3	0,79
11	551,60	— 9,00	550,82	552,53	—11,12	— 1,73	—12,1	— 8,0	130	8,3	12	SO. 2	1,00
12	556,07	— 4,51	552,97	558,63	—11,86	— 2,45	—15,1	— 8,1	30	2,6	3	NE. 2	0,69
13	563,02	+ 2,46	559,85	565,64	—10,81	— 1,38	—15,4	— 7,2	.....	.....	.....	NE. 2	0,18
14	569,18	+ 8,64	567,91	570,00	— 2,23	+ 7,21	— 4,0	— 0,3	.....	.....	.....	NE. 2	0,57
15	569,23	+ 8,71	568,82	569,71	— 2,21	+ 7,24	— 3,3	+ 0,9	.....	.....	.....	NE. 1	0,71
16	568,09	+ 7,59	566,81	569,50	— 4,95	+ 4,51	— 6,6	— 2,3	.....	.....	.....	NE. 1	0,52
17	568,74	+ 8,26	566,03	569,67	— 7,32	+ 2,15	— 8,7	— 5,6	60	4,2	8	NE. 2	0,67
18	570,53	+10,07	570,38	570,80	— 2,97	+ 6,51	— 6,6	+ 0,4	.....	.....	.....	variable	0,11
19	567,59	+ 7,15	567,04	568,48	— 2,84	+ 6,65	— 5,4	+ 0,4	.....	.....	.....	NE. 1	0,03
20	565,57	+ 5,15	565,11	565,96	— 3,72	+ 5,77	— 4,6	+ 0,1	.....	.....	.....	SO. 1	0,01
21	567,87	+ 7,47	566,12	569,51	— 3,18	+ 6,32	— 4,3	— 0,6	.....	.....	.....	variable	0,00
22	570,27	+ 9,89	570,11	570,73	— 2,70	+ 6,80	— 4,3	+ 0,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
23	564,42	+ 4,07	563,09	566,98	— 6,60	+ 2,90	—10,7	— 1,0	20	2,5	8	NE. 2	0,88
24	569,05	+ 8,72	566,18	571,15	— 7,42	+ 2,08	—11,6	— 4,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
25	572,91	+12,60	572,37	573,61	— 1,10	+ 8,40	— 3,7	+ 1,7	.....	.....	.....	NE. 1	0,27
26	573,25	+12,96	573,00	573,51	— 1,79	+ 7,71	— 4,3	+ 2,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,02
27	572,28	+12,01	571,89	572,90	— 3,56	+ 5,93	— 5,5	0,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
28	569,20	+ 8,93	568,25	570,30	— 4,00	+ 5,49	— 6,0	0,0	.....	.....	.....	variable	0,00
29	565,39	+ 5,16	565,00	565,75	— 4,42	+ 5,06	— 6,2	— 1,6	.....	.....	.....	NE. 1	0,53
30	565,70	+ 5,49	564,93	566,16	— 4,33	+ 5,14	— 7,5	— 1,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,26
31	564,92	+ 4,72	564,42	565,42	— 6,07	+ 3,38	— 7,0	— 4,8	.....	.....	.....	SO. 1	0,44

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermometrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1866.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	561,78	561,76	562,07	561,71	561,25	561,29	561,45	561,57	561,53
2 »	564,26	564,57	565,06	565,00	564,90	565,10	565,19	565,38	565,46
3 »	568,55	568,58	568,81	568,67	568,36	568,54	568,73	568,99	568,96
Mois	564,98	565,08	565,43	565,24	564,95	565,09	565,24	565,43	565,43

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 7,78	— 7,48	— 7,19	— 5,49	— 5,16	— 6,25	— 7,19	— 7,17	— 7,51
2e »	— 7,54	— 7,21	— 6,24	— 4,54	— 3,67	— 4,72	— 5,69	— 6,06	— 6,08
3e »	— 5,11	— 4,79	— 4,13	— 1,87	— 1,78	— 2,70	— 4,65	— 4,76	— 4,86
Mois	— 6,75	— 6,44	— 5,79	— 3,90	— 3,48	— 4,50	— 5,81	— 5,96	— 6,11

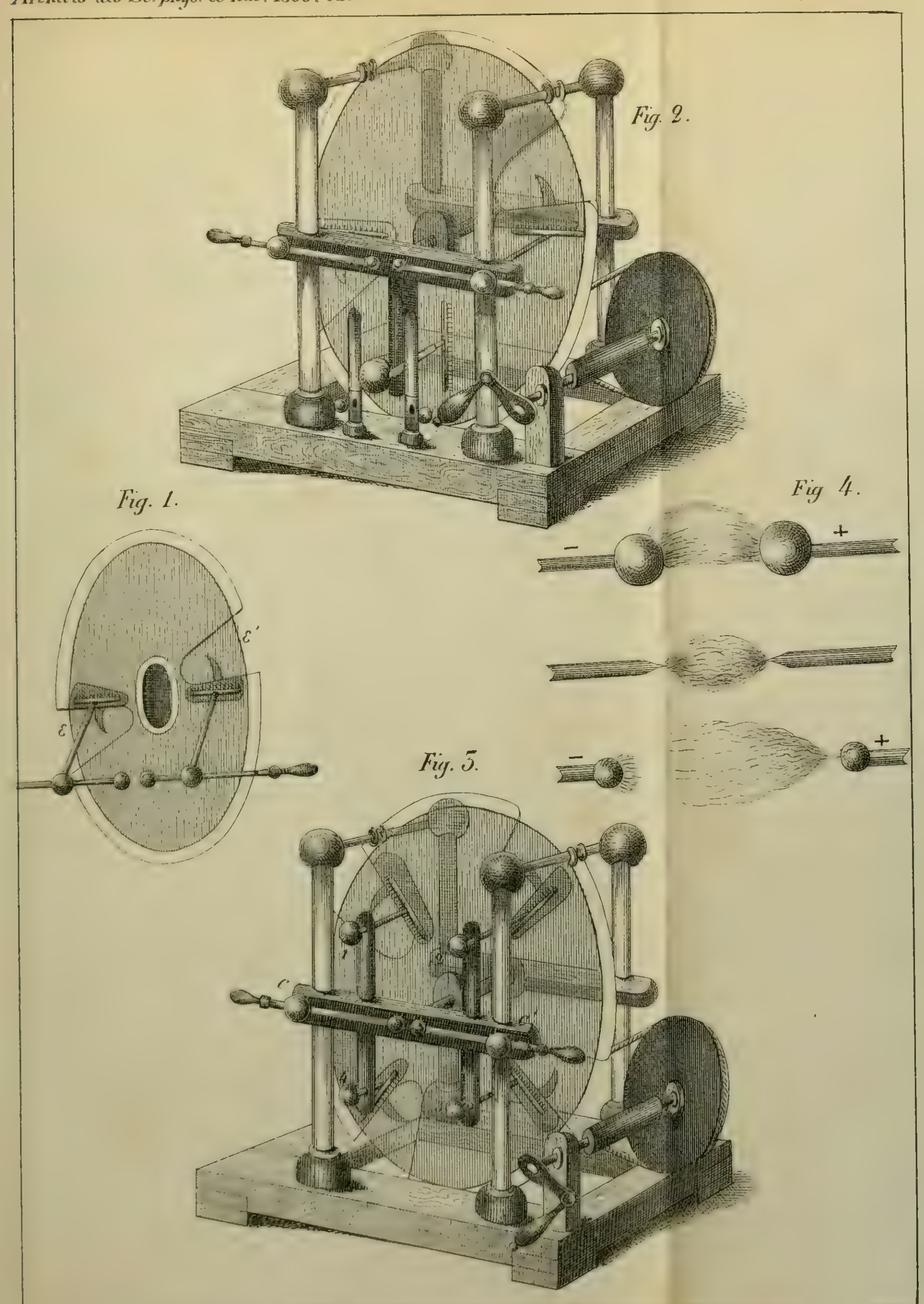
	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 8,90	— 4,86	0,56	50,8	560
2e »	— 8,18	— 2,97	0,45	15,1	220
3e »	— 6,46	— 0,85	0,22	2,5	20
Mois	— 7,80	— 2,83	0,40	68,4	800

Dans ce mois, l'air a été calme 23 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,60 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E. et son intensité est égale à 41 sur 100.

* Voir la note du tableau



Lith. Kubli et Noverraz

RECHERCHES

SUR LES

COURANTS ÉLECTRIQUES TERRESTRES

PAR

M. L. DUFOUR

Professeur de physique à l'Académie de Lausanne [1].

Dans sa réunion à Zurich, en août 1864, la Société helvétique des sciences naturelles entendit une proposition de M. A. de la Rive, qui demandait que la Société fît « examiner la convenance qu'il y aurait à établir, dans « une ou plusieurs des stations météorologiques, des observations régulières sur les courants terrestres faites « au moyen des fils télégraphiques [2]. »

M. de la Rive développa sa proposition en montrant quel grand intérêt se rattache à cette question des courants terrestres, et il exprima l'espoir que les autorités fédérales accorderaient leur concours à la Société des sciences naturelles.

La Société des sciences naturelles adopta la proposition de M. de la Rive et elle nomma une Commission

[1] Les recherches de M. Dufour doivent paraître en entier dans le *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles.* La communication que l'auteur a bien voulu nous en faire, nous permet d'en publier aujourd'hui textuellement les parties les plus importantes, en nous bornant à un simple extrait pour les paragraphes qui ont trait à certains points spéciaux. (*Réd.*)

[2] Verhandlg. der Schweiz. nat. Gesellsch. in Zürich, 1864, p. 387.

spéciale[1] chargée de s'occuper de ce sujet. Cette Commission examina et discuta, dans une première conférence, comment des observations pourraient être entreprises, et elle décida de faire quelques études préliminaires en se servant des fils du réseau télégraphique. Il importait de savoir jusqu'à quel point on peut tirer parti des fils actuellement existants afin d'éviter, si possible, d'installer un fil nouveau et exclusivement affecté à l'étude des courants. Pour ces recherches préliminaires, la Commission pensa qu'il suffisait d'installer des plaques de terre aux deux extrémités de la ligne employée et de relier ces plaques avec la ligne pendant que l'on ferait les observations. Pour simplifier ces recherches préparatoires, on décida que ces plaques seraient en tôle et que l'observation des courants aurait lieu au moyen d'un galvanomètre ordinaire intercalé dans le circuit. La Commission ne méconnut point les inconvénients qu'il y avait à employer des plaques de fer, mais elle pensa qu'il ne fallait peut-être pas compliquer une installation toute provisoire en ayant recours soit à de grandes plaques de charbon, soit à des plaques de zinc disposées comme celles des expériences de M. Matteucci.

Quant aux lignes à choisir, la Commission décida de faire les premiers essais dans deux directions et, autant que possible, de choisir une direction parallèle au méridien magnétique et une autre perpendiculaire. Pour la première, la direction Bâle-Lucerne parut convenable, et pour la seconde, la ligne Lausanne-Berne. Cette dernière présentait surtout l'avantage de fournir un fil té-

[1] Cette commission est composée de MM. A. de la Rive, président; R. Wolf, professeur à Zurich; Dr Hirsch, à Neuchâtel; Ed. Hagenbach, professeur à Bâle; L. Dufour.

légraphique direct, c'est-à-dire reliant Lausanne avec Berne sans toucher aucune station intermédiaire. — L'administration fédérale des télégraphes voulut bien promettre son indispensable concours pour les études qu'on voulait entreprendre et elle a mis, dans la suite, une parfaite obligeance à faciliter ces études.

C'est sur la ligne de Lausanne-Berne[1] que la Commission me chargea de faire quelques essais préliminaires, et c'est le résultat de ces recherches qui se trouve consigné dans le présent travail. — Au premier abord, je crus qu'il suffirait de quelques observations pour voir si une ligne télégraphique peut être facilement mise à profit et pour savoir quel galvanomètre il convient le mieux d'employer. Mais les questions ne tardèrent pas à se multiplier et à se compliquer. Je fus amené à entreprendre un certain nombre d'expériences pour résoudre divers points douteux et, en définitive, un nombre assez considérable d'observations diverses se trouvèrent réunies.

Ces observations ont, en somme, un double but : tantôt elles se rapportent à la tâche proprement dite qui m'était proposée, c'est-à-dire *l'étude des moyens d'observation et du parti qu'on peut tirer d'une ligne de la télégraphie ordinaire ;* tantôt elles ont trait au sujet scientifique même que l'on a eu en vue. Cette double préoccupation nuit

[1] Cette ligne est employée exclusivement pour les relations télégraphiques entre Genève, Berne et la Suisse orientale ; de là son nom de *ligne directe* dans la nomenclature de l'administration télégraphique. Elle ne passe dans aucune station entre Genève et Lausanne ; à Lausanne, elle entre dans le bureau, passe au parafoudre et au rhéostat, mais ne s'y relie habituellement à aucun appareil télégraphique et ne sert pas à la transmission des dépêches partant de cette ville ou y arrivant. C'est cette ligne enfin qui, pendant la nuit, fonctionne pour le service international entre Genève et Bâle ou Saint-Gall.

certainement à l'unité de ce mémoire; mais l'intérêt du sujet lui-même est si vif que je ne suis pas parvenu à m'y soustraire et que je n'ai pas su me borner à l'étude exclusive de la méthode d'observation et des avantages ou des inconvénients que présente l'emploi d'un fil appartenant à l'administration télégraphique.

Malheureusement, les observations qu'il m'a été possible de faire ont été, en somme, rares et clair-semées, et les pages qui suivent ne peuvent en aucune façon prétendre à une étude quelque peu complète des courants terrestres. Mais ce travail aura son utilité, tout défectueux qu'il est, s'il montre le très-vif intérêt qu'il y aurait à poursuivre en Suisse des études semblables, et s'il indique quelques-unes des précautions dont il faut s'entourer dans les recherches de ce genre.

M. A. de la Rive, si compétent pour des études de ce genre, a bien voulu m'aider de ses précieux conseils et de ses savantes directions; je prends la liberté de lui témoigner ici ma bien vive reconnaissance.

§ I. *Ligne et appareils. Mode d'observation.*

La communication de la ligne destinée aux expériences, avec le sol se faisait par l'intermédiaire de grandes plaques de tôle de un mètre carré de surface. — A chacune de ces plaques avait été soudé, par une soudure au cuivre, un fil de fer; la minceur de la tôle n'avait malheureusement pas permis de faire une simple soudure à chaud. Une épaisse couche de vernis à l'huile avait été appliquée sur le point de soudure et sur la portion voisine de la tôle.

A Lausanne, la plaque de terre a été placée le 4 avril

1865 dans un trou pratiqué au pied de la façade N du grand Pont, dans un terrain marneux, très-humide, et éloigné de 10 mètres environ du lit du Flon, sur la rive gauche. Le trou avait 2 mètres de profondeur et la plaque y a été couchée horizontalement. Le fil de fer, sortant du sol, s'élevait le long d'un des piliers du pont, puis il était relié, à l'aide d'une pince, avec un fil de cuivre entouré de gutta percha, tendu obliquement jusqu'à une fenêtre du bâtiment où se trouve le bureau télégraphique. Le fil pénétrait dans une chambre où passent les diverses lignes aboutissant à Lausanne, et c'est là, près du parafoudre, qu'il pouvait être mis en communication avec la ligne destinée aux expériences.

A Berne, une plaque de tôle, parfaitement semblable à celle de Lausanne et coupée dans la même pièce, a été déposée dans le sol le 10 avril, à 1^{m},90 de profondeur, dans un terrain un peu sablonneux, sous le pavé de la cour du bâtiment de la Poste. Le fil de fer montait le long du mur en molasse et pénétrait jusqu'au bureau télégraphique où l'on pouvait le relier avec la ligne.

Les deux plaques de terre de Berne et de Lausanne sont éloignées d'environ 79100^{m} en distance rectiligne; mais le fil qui les relie suit le chemin de fer d'Oron-Fribourg-Berne, il présente quelques sinuosités et sa longueur est d'environ 97,000 mètres [1]. La ligne Lausanne-Berne fait un angle d'environ 68° avec le méridien magnétique.

[1] Cette longueur est celle de la ligne ferrée Lausanne-Fribourg-Berne, le long de laquelle le fil est établi. — La longueur réelle du fil doit être un peu plus grande parce que d'un poteau à l'autre il se produit une légère flexion. Mais la différence due à cette cause-là ne peut guère s'apprécier parce que la flexion n'est pas partout la même.

Les observations ont été faites à l'aide d'un galvanomètre[1] de Ruhmkorf, dont les aiguilles ont 48mm. L'aiguille intérieure est enveloppée de 4 systèmes de fil d'égales longueurs dont les extrémités aboutissent, distinctes, à des boutons extérieurs. Il est facile, suivant l'intensité du courant que l'on veut observer, d'employer le plus court circuit ou un circuit plus long, en utilisant un seul des fils (60 tours) ou en les ajoutant les uns aux autres (120 ou 180 ou 240 tours). — Dans toutes les observations dont il est question plus loin, le galvanomètre a toujours été employé avec les quatre fils ajoutés à la suite les uns des autres, de telle façon qu'il avait sa plus grande sensibilité.

Cette disposition des 4 circuits qui pouvaient être distincts ou ajoutés, a permis de construire facilement la table de graduation de l'instrument. On s'est assuré d'abord que chacun des quatre circuits agit d'une façon sensiblement égale sur l'aiguille, c'est-à-dire que le même courant, lancé successivement dans chacun d'eux, produit toujours la même déviation[2]. Cela étant, un courant A était lancé dans le premier circuit et produisait une déviation D_1; le même courant A (contrôlé par un second galvanomètre) était ensuite lancé dans les deux premiers circuits, puis dans trois, et les déviations devenaient D_2, D_3. Il est évident que D_2 correspond à une intensité double de celle qui produit D_1, D_3 à une intensité triple, etc. — En multipliant ces expériences avec diverses

[1] Ce galvanomètre appartient à M. A. de la Rive qui a eu la bonté de me le prêter.

[2] Les quatre circuits agissent en effet sensiblement de la même façon sur l'aiguille; il y en a cependant trois qui sont plus complétement semblables entre eux qu'ils ne le sont au quatrième. Ce sont ces trois-là qui ont servi pour la graduation.

valeurs de A, on a pu former une table; puis tous les résultats ayant été représentés graphiquement, on a pu tracer la courbe moyenne qui ne s'écartait que très-peu des observations distinctes. C'est à l'aide de cette courbe qu'a été construite la table qui suit[1].

§ II. *Influence perturbatrice des courants du télégraphe.*

Lors même que les observations ont lieu au moyen d'un fil qui est en dehors du réseau télégraphique, les courants qui traversent les fils voisins pour opérer la transmission des télégrammes, peuvent se manifester par une action sur le galvanomètre. C'est ce que M. Dufour a constaté au moyen d'expériences directes. Cette influence pouvait tenir à trois causes capables de produire une dérivation de courant d'une ligne traversée par un courant télégraphique à la ligne destinée à percevoir les courants terrestres.

La première était la communication possible par un rapprochement trop considérable des fils à leur entrée dans le bureau télégraphique; cette cause d'erreur qui a été sensible au bureau de Berne, a pu être évitée en introduisant le fil destiné à percevoir les courants terrestres par une ouverture spéciale.

La seconde était le voisinage à chaque station des deux plaques de terre destinées, l'une à la perception des courants terrestres, l'autre à la transmission des courants télégraphiques. On pouvait craindre que le courant télégraphique n'éprouvât une dérivation partielle en traver-

[1] Nous ne reproduisons pas cette table, non plus que celle qui donne les rapports entre les indications du galvanomètre et celles de la boussole ordinaire des télégraphes. (*Réd.*)

sant dans une certaine proportion le circuit formé par les couches de terrain interposées entre les plaques de terre à chaque station et le fil reliant les deux plaques servant de sondes pour les courants terrestres. Or l'expérience a montré que cette influence était complétement nulle et que, comme on devait s'y attendre, il ne peut pas y avoir de dérivation dans des circonstances semblables. En un mot, on s'est assuré que le sol ne sert en aucune façon de conducteur intermédiaire, soit à Lausanne, soit à Berne, entre les conducteurs terrestres des bureaux télégraphiques et ceux qui ont été établis pour les recherches sur les courants terrestres; conclusion qui a quelque intérêt, puisque les deux plaques étaient, à Berne, séparées seulement par une faible épaisseur d'environ deux mètres de terre.

Enfin, la troisième cause perturbatrice pouvait tenir à des dérivations ayant lieu par les poteaux de bois qui supportent les fils télégraphiques, à cause d'un isolement insuffisant des cloches de verre. On a pu constater par un grand nombre d'observations que cette influence existe en effet, mais qu'elle est exceptionnelle, et que, avec le degré de sensibilité, du moins, du galvanomètre employé, ce n'est que dans les jours de pluie et quand la ligne a été mouillée, qu'elle devient sensible. Toutefois, comme nous le verrons, on peut en tenir compte et par conséquent l'éliminer.

Voici, du reste, comment on peut s'en rendre compte:

On peut se représenter que, sur chaque poteau, un faible courant dérivé part du fil, se propage à travers la couche liquide qui mouille la face supérieure de la cloche de verre, continue sous la cloche grâce à l'humidité qui y est adhérente et aboutit au bois du poteau pour gagner,

par un chemin semblable, le fil voisin. Ce circuit offrira une résistance très-grande pendant les temps secs; mais si la pluie a duré longtemps, si elle a été violemment chassée de telle façon que la face inférieure des cloches a pu être mouillée, si peut-être le brouillard règne, cette résistance diminuera et la dérivation pourra se produire plus ou moins intense. — La face inférieure des cloches en verre n'est point aussi isolante qu'on peut se l'imaginer. A la longue, il s'y forme souvent un léger dépôt de suie provenant de la fumée des locomotives. Cette faible couche devient facilement humide par les temps de brouillard ou de pluie et elle offre évidemment un passage trop facile aux dérivations. »

D'autres causes accidentelles telles que le contact direct ou le contact opéré par un corps organique entre les fils quand ils sont trop rapprochés, peuvent exercer une influence perturbatrice; mais il est facile de s'en mettre à l'abri.

§ III. *Observations.*

Voici maintenant les résultats d'une partie des jours d'observations, dans lesquels on se borne à indiquer d'une manière un peu brève la marche de l'aiguille galvanométrique. L'instrument était introduit dans la ligne de telle sorte que *l'aiguille déviait à l'Est par un courant allant de Berne à Lausanne, par le fil,* et par conséquent *à l'Ouest par un courant marchant de Lausanne à Berne.*

25 avril 1865.

Ciel d'apparence orageuse dans l'après-midi; temps clair et calme le soir.

9 heures 35 minutes du soir. Déviation à 15° E., puis lents mouvements de 15 à 10°, puis 5°. L'aiguille est plusieurs secondes calme sur 8° E., puis mouvement vers 20, 25° et 30°. — Plusieurs secondes de calme sur 12 à 13° E.

9 h. 46 m. Lente oscillation de 10 à 15°.

47 m. Retour assez brusque à 0°, puis progression à 10° E.

49 m. Mouvements de 10° E. à 5° O.

57 m. Presque calme absolu sur 5 à 6° E; faibles et lentes oscillations.

10 h. 1 m.: 4 à 5° O., puis lent mouvement vers 10° E.

2 m. Grande, mais lente oscillation de 15° E. à 25° O.

10 m. Calme sur 5° E.

11 m. Pendant plus de 1 minute, calme absolu sur 5° E ; puis accroissement lent jusqu'à 8°. Ce mouvement de 5 à 8° dure au moins 5 minutes.

17 m. Le calme sur 8° se maintient, puis quelques mouvements brusques surviennent et l'aiguille revient sur 7 à 8° E.

20 m. Très-lent accroissement de 7 à 10°, puis progression plus rapide de 10 à 20°.

23 m. Aiguille très-calme sur 24° E.

25 m. Retour à 16°, puis 13°; puis nouvelle déviation à 26 m. vers 20°.

27 m. Lente progression jusqu'à 30° E., suivie d'un lent retour vers 20 puis 15°.

28 avril.

Temps calme, beau et chaud.

Midi et 14 m. Déviation à l'E. 6 à 7°.

16 m. Calme sur 6°.

17 m. Calme sur 6°.

19 m. Lente oscillation entre 6 et 4°.

20 m. Lent mouvement vers 3° puis 2°.

21 m. Oscillation lente entre 1° et 6°.

25 m. 4 à 5°.

26 m. Accroissement lent vers 6 à 7°.

29 m. Lent mouvement entre 5 et 7°, puis 3°.

30 m. Sensiblement calme de 3 à 4°.

33 m. Calme sur 4°.

30 avril.

Ciel couvert. Légère pluie commençante; sol encore sec. Midi et 17 m. Déviation vers 12° E., lent mouvement vers 13 et 15°.

20 m. 21° E., puis lent mouvement vers 15°, retour à 20.

24 m. Mouvement très-lent et régulier de 16 à 20°.

27 m. 20 à 22°, très-calme.

30 m. Lente oscillation entre 18 et 28°.

32 m. Calme presque absolu vers 24 à 25°.

1er mai.

Ciel un peu nuageux; temps calme. Il a un peu plu hier dans la soirée.

6 h. 25 m. du matin. — Déviation de 4° E., puis lent retour à 0°.

26 m. 1° O.

29 m. Oscillations lentes de 0° à 4° O.

31 m. 5 à 6° O.

32 m. Très-lente oscillation de 0° à 6° O. puis 8°

33 m. Mouvements hésitants et rapides de l'aiguille entre 3 et 4° O.

40 m. 5° O., puis progression vers 8 et 9° suivie de mouvements brusques et saccadés.

42 m. 5 à 6° O.

44 m. Calme sur 5° O.

45 m. Lents mouvements entre 0° et 9° O.

5 mai.

Temps calme; ciel nuageux.

Midi et 5 m. Déviation de 18° E., puis lent retour à 12°.

8 m. Calme parfait pendant plus de une minute sur 14°.

10 m. 17°, puis lent mouvement vers 15°, 13 puis 11°.

12 m. Mouvement lentement progressif de 11 à 17°.

15 m. 16°.

17 m. 16 à 17°.

20 m. Lente progression vers 20°.

23 m. 18° puis lent retour à 12 et 8°.

28 m. 15°.

8 mai.

Ciel couvert et un peu pluvieux. — Orage pendant la nuit.

6 h. 17 m. du matin. — Déviation vers 10° E.

18 m. Mouvements brusques autour de 10°.

20. m. Oscillation de 12 à 15°.

22. m. Oscillation de 12 à 15°.

24. m. Mouvements rapides de 10 à 13°.

26. m. 6° E.

30. m. Un lent mouvement a amené l'aiguille vers 10° O. puis 12°.

32 m. Presque calme vers 10 à 11°, puis lent retour à 0°.

33 m. 5° E.

34 m. Lente progression à 10° E., puis retour vers 0° et à l'O. Lent mouvement vers 10° O., puis 12, puis 15. puis 17° et arrêt absolu.

36 m. 10° O.

37 m. 25 à 27° O., puis 28. Parfaitement calme sur 27°.

40 m. 12° O., puis 8°. puis 7°, puis 3° et retour vers 0° après 3 minutes.

43 m. 0°.

44 m. 0° à 1°, puis 5° E. et brusquement 10 à 13° E., puis 15, puis 17°.

45 m. Légères oscillations autour de 18° E.

9 mai.

Orage pendant le jour. Temps calme, ciel clair le soir.

9 h. 35 m. du soir. Déviation de 10 à 15° E., puis calme sur 13°.

37 m. Très-calme sur 13°.

38 m. Très-calme sur 12 à 13°.

39 m. L'aiguille se rapproche lentement et progressivement de 10°, puis 9 et 8°.

42 m. Absolument calme sur 8°.

44. m. Absolument calme sur 8°.

45 m. 9°, puis 10°. Mouvements très-lents et réguliers en plusieurs minutes.

54 m. 12° E., puis oscillations assez brusques et retour vers 2°, puis progression vers 10°.

55 m. 9°, puis retour à 6 et 5°.

58 m. Mouvements hésitants et saccadés de l'aiguille vers 4 et 5°, puis 8 et 9°.

10 h. 2 m. Mouvements assez brusques vers 3, puis 2, puis 8, 9, puis 3, 2°.

8 m. Presque calme vers 2 à 3°.

10 m. Presque calme vers 2 à 4°.

12 m. Calme sur 4°.

18 m. Calme sur 3 à 4°.

20 m. Calme sur 4°.

21 m. Lente progression à 6, puis 8 et 9°.

23 m. Oscillation de 10 à 15°, puis retour à 0°, et même passage à l'O. Brusques mouvements et hésitation de l'aiguille entre 0° et 25° E.

29 m. 18° E.

30 m. 10 à 12°.

31 m. 20° E., puis 22, 23°.

10 mai.

Quelques rares nuages élevés. — Soleil.

6 h. 12 m. du matin. Déviation de 2 à 3° E., puis lente oscillation de 3 à 1°.

16 m. 4°.

18 m. Très-lent mouvement de 2 à 3°, puis 0°, puis 1°.

24 m. 1 à 1 1/2°.

28 m. 1° E.

29 m. 1° O., puis retour à 3° E.

32 m. 0 à 1°.

34 m. 2°, très-calme.

35 m. 4 à 5° E.

39 m. Lents mouvements autour de 2° ou presque calme.

41 m. 2 à 3°.

43 m. Absolument calme sur 2°.

11 mai.

Ciel partiellement couvert. Il a plu pendant le jour.

9 h. 37 m. du soir. Déviation de 1 à 15° E., puis retour vers 6°.

41 m. Oscillations autour de 4°.

43 m. Aiguille tremblante vers 1 à 2° E.

45 m. 1 à 2° O.

47 m. 1 à 2° O.

53 m. 2 à 3° O., puis progression vers 5° avec des mouvements tremblotants.

55 m. 0 à 1° O.

10 h. 0 m. 3 à 4° O.; aiguille hésitante.

4 m. Mouvements entre 4 et 5° O.

5 m. 9° O., puis 10°, puis lente et calme progression vers 11 et 12°, puis 14, 16, 17°. L'aiguille était un peu hésitante pendant le mouvement progressif.

9 m. 17° O., puis lent et calme retour vers 15, 10, 8, 3° et passage à l'E.

12 m. Petites oscillations de 2 à 2° E., puis 4 à 5°, puis 8, 9°.

19 m. Passage de nouveau à l'O.

22 m. Calme absolu sur 6° O., puis lent retour à 0°.

12 mai.

Ciel presque pur; un peu nuageux à l'horizon.

Midi et 16 m. Déviation de 15° E.

17 m. Très-calme sur 15°.

18 m. 16 à 17°.

20 m. Très-calme sur 16°.

22 m. Très-calme sur 14 à 15°.

24 m. Très-calme sur 16°.

25 m. Lent retour vers 12 et 11°; absolument calme sur 11°.

32 m. Absolument calme ou mouvements imperceptibles autour de 13°.

34 m. Très-calme sur 14°.

35 m. Très-calme sur 14°

14 mai.

Nuages noirs et d'aspect orageux chassés par le vent du S.-O. — Petites averses.

Midi et 12 m. — Déviation de 37° E., puis mouvement assez rapide vers 25 et 20°.

14 m. 31 à 32° E.; retour vers 22 et 21°.

15 m. Lente progression de 19 à 20, puis 25° ; arrêt sur 25°, puis nouvelle progression à 26, 27° et brusque retour vers 0° et à l'O.

16 m. 3° O., puis grande oscillation vers 20° E. et progression vers 38° E.

17 m. Calme sur 42° E., puis 44, 45° et lent retour vers 25°.

20 m. Nouvel écart jusqu'à 40 et 43° E. — Absolument calme au moins une minute sur 42°, puis brusque retour à 5° et 0°.

24 m. 5 à 6° O. et assez fortes oscillations.

25 m. 12° O., puis passage à l'E.

27 m. Rigoureusement calme sur 20° E.

28 m. Oscillations étendues de l'aiguille de 19° E. à 18° O. et bientôt après arrêt sur 18° O.

30 m. Retour à 0°, puis passage à l'E. Calme sur 25°.

34. m. Mouvement de 20 à 10° O., puis 25° et calme absolu pendant plus de 30 secondes.

35 m. Rigoureusement calme sur 32° O., puis progression à 34 et 37° O.

15 mai.

Nuages épais. Pluie pendant la nuit. Aspect orageux.

4 h. 11 m. du matin. Déviation de 14° E., puis bientôt après 12, 10, 9°.

14 m. Petits mouvements de 8 à 6°.

15 m. Mouvements vers 5 puis 4°.

17 m. Mouvements continuels, quoique calmes, de 3 à 5°, puis 6, 7, 8°. — Quelques oscillations assez rapides.

21 m. Lente progression à 12, puis 17, 19, 20°.

23 m. Très-calme sur 21°.

25 m. Retour à 14 et 10°, puis de nouveau 15, 17, 18°, mouvements parfois très-calmes, d'autres fois assez brusques.

28 m. Oscillation rapide de 9 à 3°, puis retour à 7 et 8°.

33 m. Aiguille très-agitée entre 7 et 12° pendant plusieurs minutes.

52 m. Tout à coup forte oscillation de 30° E, à 10 O., puis bientôt après calme sur 6 à 7°.

54 m. Très-calme sur 7 à 8°.

59 m. Lente augmentation à 13°, puis oscillation subite et progression vers 18°.

5 h. 2 m. Mouvements variés et hésitants de l'aiguille, souvent très-brusques.

6 m. Rapide retour à 0°, puis écart à l'Ouest.

10 m. Passages fréquents et brusques à l'E., puis à l'O.

15 m. Calme un moment sur 9° O., puis retour à l'E.

18 m. Lente progression de 10 à 13° E.

24 m. Très-calme sur 10° E.

25 m. Mouvements rapides de 6 à 12°.

16 mai.

Ciel en partie couvert. Pluie abondante pendant le jour Air calme.

9 h. 40 m. du soir. — Déviation à l'E., 15°, puis mouvements hésitants et saccadés. — Agitation continuelle de l'aiguille.

41 m. Temps d'arrêt sur 12°.

45 m. Très-calme sur 10°, puis lent retour à 8° et temps d'arrêt

47 m. Légers mouvements autour de 10°.

51 m. Forte oscillation vers 0° et vive hésitation de l'aiguille.

52 m. Calme sur 9°.

53 m. Très-calme sur 9°.

55 m. Progression lente et régulière à 11°, puis 12 et 15°.

56 m. Très-calme sur 12°.

57 m. Très-calme sur 12 à 10°.

59 m. Très-calme sur 12 à 10°.

10 h. 0 m. Tout à coup oscillation forte vers 0°, aiguille tremblante et grands mouvements de 40° E. à 20° O. — L'aiguille finit par se calmer sur 10 à 20° E.

4 m. Calme vers 14°, puis lente progression vers 18°.

17 mai.

Ciel pur. Temps calme.

4 h. 12 m. du matin. Déviation de 15° E., puis progression à 20 et 21°.

18 m. Mouvements continuels de 20 à 25°, puis 10°.

20 m. 5, puis 4, puis 1° et passage à l'O. Retour à l'E.; pro-

gression à 15, 20, 25°. — L'aiguille présente tantôt des mouvements lents et calmes quoique continus, tantôt des temps d'arrêt absolu de plusieurs secondes.

26 m. Oscillations de 30 à 25° E., puis retour à 0° et écart à l'O.

27 m. 11° O., puis retour à 0° et à l'E.

29 m. 30° E., puis 35 ; l'aiguille est calme plus de 30 secondes sur 35°.

32 m. De 30 à 35° E.

36 m. Agitation assez prononcée entre 20 et 25°. Il y a cependant des temps d'arrêt absolu.

40 m. Déviation O. de 4 à 5°.

5 h. 3 m. Lente progression à 30° E., puis lent retour à 15 et 10°.

6 m. Très-calme sur 32° E.

9 m. Déviation de 10° O., puis lent retour à 0° et passage à l'E.

18 m. 5 à 6° E., puis progression à 20.

21 m. Arrêt prolongé de *deux* minutes sur 20°, puis lente oscillation de 20 à 25° ; nouvel arrêt sur 25°.

18 mai.

Très-nuageux ; pluie. Pluie durant le jour.

9 h. 43 m. du soir. Déviation de 12° E.

45 m. Assez calme sur 13 et 14°. Très-calme par moments.

46 m. Tout à coup brusques oscillations de l'aiguille entre 0 et 30°.

47 m. Très-calme sur 12°, puis lent accroissement à 15, 20 et 25°.

49 m. Rapides oscillations de 5 à 20°.

50 m. Calme un moment sur 16°, puis mouvements rapides.

51 m. Très-calme sur 15°.

52 m. Très-calme sur 15°.

53 m. Très-calme sur 15°.

54 m. Après un lent retour à 13°, surviennent de fortes oscillations entre 0 et 20° ; aiguille tremblante et hésitante.

57 m. Calme sur 13°.

58 m. Clame sur 13°.

10 h. 1 m. Calme sur 12°.

4 m. Lents mouvements entre 12 et 11°.

5 m. Une forte oscillation est tout à coup survenue entre 10 et 0°.

7 m. Nouveau calme sur 13°.

9 m. Imperceptibles mouvements de $^1/_2$° au plus autour de 13°.

13 m. Très-calme sur 15 et 16°.

15 m. Lente progression à 17 puis 19° et arrêt absolu.

16 m. Repos sur 18°, puis lent accroissement à 19 et 22°. De violentes oscillations surviennent brusquement. Aiguille hésitante.

18 m. Calme sur 19 à 20°

19 m. Calme sur 19 à 20° : puis brusque et subite oscillation entre 22 et 10°.

22 m. Calme sur 20°, puis lent accroissement à 23 et 24°.

25 m. Calme sur 21°.

22 mai.

Un peu nuageux. Temps calme et sec depuis plusieurs jours.

4 h. 10 m. du matin. — Déviation E. de 5°, puis oscillations vers 2 et 1°.

12 m. Lent mouvement vers 8 à 9° E.

15 m. Oscillation de 1 à 7° avec des temps d'arrêt.

16 m. Écart à l'O., 7 à 8°, puis retour à 0° et passage à l'E.

21 m. Lente progression à 11° puis 13° E. Calme un moment sur 12.

22 m. Retour à 6 et 5° E., puis 1° et déviation à l'O.

25 m. 1 à 2° E., puis 4 à 5° O.

L'aiguille présente des mouvements lents et calmes, mais continuels.

27 m. 5 à 7° E., puis passage à l'O.

45 m. Mouvements entre 5 et 12° E. Calme complet un moment sur 11°, puis mouvements lents entre 8 et 10° E. et 7 à 8° O. — L'aiguille continue à présenter une agitation inces-

sante, quoique les mouvements ne soient ni brusques ni saccadés.

57 m. Très-calme un moment sur 6°, puis lente et régulière progression à 9, puis 14 et 15°.

59 m. Très-calme sur 14°.

5 h. 2 m. Calme sur 18 à 19° E. Faibles mouvements de 20 à 21°.

4 m. Très-calme sur 20°.

6 m. Très-calme sur 20°.

7 m. Très-calme sur 20°.

8 m. Calme entre 19 et 20°.

23 mai.

Temps orageux. Beau pendant le jour : mais orage vers 10 h. du soir.

9 h. 45 m. du soir. L'aiguille vient osciller autour de 10°.

52 m. Assez calme sur 20°.

53 m. Violente impulsion vers l'O. correspondant à une secousse orageuse qui se fait sentir sur l'appareil télégraphique de la ligne de Vevey.

54 m. Calme sur 19° : puis nouvelle secousse comme celle de 53 m.

57 m. Très-calme sur 17°.

59 m. Calme entre 18 et 15°.

Tout à coup violente impulsion vers 50° O. en même temps que l'appareil de la ligne de Vevey accuse une décharge orageuse.

10 h. 1 m. Très-calme sur 12 à 13°.

4 h. Parfaitement calme sur 15°.

Nouvelle impulsion vers 90° O., coïncidant encore avec une attraction vive de l'ancre à l'appareil de la ligne de Vevey.

5 m. Très-légers mouvements de 16 à 18°. — Cinquième secousse orageuse comme les précédentes.

8 m. Très-calme sur 15°.

9 m. Très-calme sur 15°.

11 m. Remarquablement calme sur 16 à 17°.

18 m. Calme sur 17 à 18°, puis très-lente progression à 20 et 22 puis 25°.

25 m. Très-calme sur 23° et lent retour à 20. Le mouvement se continue extrêmement lent à 18, 17, 16 jusqu'à 10° en plusieurs minutes.

24 mai.

Temps très-couvert. Pluie.

4 h. 20 m. du matin. — Déviation de 20° E., puis mouvement entre 20 et 15°.

32 m. Calme un moment sur 18°, puis retour vers 15°.

36 m. Très-lent déplacement vers 14 et 12°. — Un moment rigoureusement calme sur 15°.

38 m. Calme sur 16°, puis lent accroissement à 18 et 19°, puis calme complet.

44 m. Calme sur 18°.

48 m. Légers mouvements de 14 à 17°.

50 m. Lente progression à 19°.

55 m. Faible variation autour de 16°.

59 m. Lent déplacement de 16 à 10°.

5 h. 3 m. Aiguille calme sur 9°.

5 m. Encore calme sur 9°, puis mouvement vers 7 et 6°.

7 m. Accroissement régulier vers 12 et 14° et retour à 10°.

Les mouvements de l'aiguille se continuent ainsi jusqu'à 5 h. 18 m. où la déviation diminue assez brusquement jusqu'à 6 et 5°, puis se maintient de 6 à 4° pendant quelques minutes.

26 m. Accroissement très-lent de la déviation de 8 à 19 et 20°. Ce mouvement tout à fait uniforme s'effectue en une demi-minute à peu près.

29 m. 22 puis 23° et lent au retour vers 20 et 19°.

25 mai.

Temps beau, sec; un peu de bise.

9 h. 45 m. du soir. Déviation de 23° E.

46 m. Sensiblement calme sur 23° E.

47 m. Sensiblement calme sur 23° E.

48 m. Très-légers mouvements autour de 23°.

51 m. La déviation varie de 22 à 23°.

52 m. Lent mouvement progressif vers 26°.

54 m. Très-calme sur 25°.

59 m. Lentes variations entre 24 et 28°.

10 h. 2 m. Oscillations assez rapides entre 20 et 25°.

4 m. Calme sur 22°. Le calme se maintient presque complet pendant plusieurs minutes entre 20 et 22°.

16 m. Variations lentes de 1 à 2° d'amplitude entre 21 et 23°.

26 mai.

Temps beau et sec ; un peu de bise.

Midi et 25 m. Déviation de 40° E., puis accroissement à 43°.

26 m. Légers mouvements entre 42 et 39°.

29 m. Retour régulier de l'aiguille vers 30 puis 25° ; nouvelle progression à 28 et 31°, puis nouveau retour à 20, 16 et 10°. — Ces mouvements sont très-lents et sans saccades.

31 m. Nouvelle progression à 33°, suivie d'un temps d'arrêt absolu.

28 mai.

Temps très-beau ; faible bise.

Les observations poursuivies entre midi et midi et demi donnent des déviations semblables à celles du 26 mai. Ces déviations sont à l'E., le plus ordinairement supérieures à 20° et les variations sont lentes et calmes. — Vers midi et 27 m. commence un accroissement de la déviation qui se continue très-régulièrement et très-lentement de 26 à 32° ; ce mouvement dure à peu près deux minutes, puis l'aiguille se conserve jusqu'à 31 m. parfaitement calme sur 32°.

29 mai.

Ciel clair, un peu nuageux, seulement à l'horizon. Temps sec.

4 h. 12 m. du matin. Déviation de 7° E., accroissement jusqu'à 10°, puis retour à 5°.

13 m. Mouvements continuels, séparés par des temps d'arrêt absolu, entre 10 et 2°.

16 m. Progression régulière jusqu'à 15°, puis retour à 9 et 5°. — Le mouvement se continue à l'E. jusqu'à

26 m. où la déviation se produit à l'O. et y atteint 5°.

27 m. Agitation dans le voisinage de 0°, puis déviation vers 8° O. avec lent retour à l'E.

35 m. Les mouvements de l'aiguille se continuent sans interruption entre 5 à 6° O. et 15° E.: arrêt absolu de plus d'une demi-minute sur 15° E.

45 m. L'agitation de l'aiguille est continuelle; elle atteint dans ses excursions, toujours assez lentes et sans saccades, 17° E.

50 m. Les déviations atteignent 20° E. Il y a de grandes et continuelles oscillations de plusieurs secondes de durée et de plus de 10° d'amplitude.

5 h. 5 m. L'aiguille, toujours agitée, se maintient de plus en plus écartée du zéro. Elle arrive à 25 et 28° E.

11 m. Rigoureusement calme sur 23°.

14 m. Retour à 20°, puis 18, puis 14 et 10°.

A partir de maintenant jusqu'à 5 h. 30 m., la déviation se maintient toujours supérieure à 10° E. et l'aiguille est plus calme que durant la première heure de l'observation.

30 mai.

Temps beau et sec. — Quelques nuages d'aspect orageux traversent le ciel.

Entre 9 h. 35 m. et 10 h. 22 m. du soir, la déviation a toujours été à l'E., en général supérieure à 10° et parfois supérieure à 20°. L'aiguille a été beaucoup moins agitée et les variations beaucoup moins fréquentes qu'hier.

31 mai.

Ciel un peu nuageux.

4 h. 9 m. du matin. Déviation de 22° E., puis oscillations atteignant 25°.

15 m. L'aiguille semblait subir une impulsion calme et régulière qui l'a amenée de 25 à 15°, puis de 15 à 11°.

Temps d'arrêt absolu sur 11°, puis accroissement à 15° et nouvel arrêt.

20 m. L'aiguille se rapproche lentement du 0 et y arrive à 22 m.

Oscillations assez brusques entre 0 et 20° E.

26 m. Mouvements continuels de plus de 20° d'amplitude avec des temps d'arrêt.

34 m. La déviation de l'aiguille continue à varier presque sans interruption : mais il y a des arrêts absolus entre 2 et 25° E.

5 h. 6 m. Depuis plus de 8 minutes, la déviation se conserve supérieure à 20° E.; elle varie avec quelques degrés d'amplitude.

12 m. L'aiguille s'est rapprochée de 0° et passe même à l'O. Variation entre 5° E. et 3° O.

14. m. Déviation O. persistante, de 4 à 5°.

16 m. Retour à l'E.; arrêt sur 5° E.

17 m. La déviation augmente et atteint 19 et 20° E. Il y a des repos absolus de plus d'une minute.

23 m. Légers mouvements entre 16 et 19° E.

25 m. Calme absolu sur 22° E., puis l'aiguille se rapproche lentement du 0° et passe même à l'O.

29 m. Retour vers 9 à 10° E.

Examinées d'un peu près, les observations qui précèdent suggèrent des remarques diverses.

En premier lieu, on voit que le fil était parcouru tantôt par un courant marchant de Berne à Lausanne, tantôt par un courant inverse, et ce qui frappe au premier abord, c'est l'extrême variabilité du courant en intensité et en direction. Il est évident toutefois que le courant de Berne à Lausanne est le plus fréquent; et en tenant compte de *tous* les jours d'observation, je trouve que plusieurs fois le sens du courant s'est maintenu exclusi-

vement dans cette direction pendant une heure et plus, surtout vers le milieu de la journée. D'autres fois, le sens du courant a changé à plusieurs reprises pendant les courts moments où le galvanomètre était intercalé dans le circuit ; mais alors également, la déviation de l'aiguille était plus fréquemment à l'est qu'à l'ouest. Il y a un seul jour (le 24 avril, entre 6 heures et 6 heures 3/4 du matin), où l'aiguille a toujours déviée à l'ouest, et où, par conséquent, le courant a été constamment de Lausanne à Berne.

Quant à l'intensité du courant, on voit qu'elle était fort variable d'un jour à un autre. Certains jours, l'aiguille était presque constamment très-éloignée du 0° (14 mai, 17 mai, etc.) d'autres fois, la déviation était plus faible (1 mai, 10 mai, 22 mai, etc.).

Mais ce qui est surtout intéressant à considérer, c'est la variabilité du courant d'un instant à l'autre. Les pages qui précèdent ne peuvent manifester ce caractère que d'une manière imparfaite ; il faudrait, pour tous les jours, les courbes des observations afin de bien le mettre en évidence. On peut dire que, dans la majorité des cas, *l'aiguille variait de position d'une seconde à la seconde suivante.* Tantôt ses mouvements étaient assez rapides pour que plusieurs degrés fussent parcourus en moins d'une minute, tantôt ils étaient extrêmement lents. Les exemples de repos absolus de l'aiguille sont, en somme, assez rares et, en tout cas, ces repos ne se prolongeaient guère au delà de deux ou trois minutes (voir les 8 mai, 9 mai, 12 mai, etc., et spécialement les 25 mai, à 10 h. 4 m. du soir). — Les mouvements présentaient le plus souvent une régularité et une uniformité remarquables. Ce n'était pas ce déplacement brusque que manifeste une

aiguille au moment où un courant est lancé dans le fil d'un galvanomètre : c'était une progression lente, régulière, uniforme, pendant plusieurs minutes parfois. Evidemment, le courant qui parcourait le fil éprouvait une variation lente et régulière d'intensité et les mouvements de l'aiguille ressemblaient un peu à ceux qu'on observe lorsqu'on observe ou diminue peu à peu la résistance d'un circuit à l'aide du rhéostat de Wheatstone (voir, entre autres, les 25 avril, 5 mai, 23 mai, 28 mai, etc.). — Après une de ces lentes variations, l'aiguille arrivait ordinairement à un calme absolu, puis, après s'être arrêtée quelques instants, elle marchait de nouveau dans le même sens ou revenait en arrière. On ne peut se faire une idée un peu juste de ces mouvements qu'en les traduisant par des courbes. Elles ont été tracées, sur un papier préparé, à côté même du galvanomètre, en suivant d'une part l'aiguille des secondes d'une montre et d'une autre part le galvanomètre.

La courbe du 31 mai montre des variations brusques et considérables du courant ; tantôt il y a augmentation rapide (à 30^m 10^s : 31^m, etc.), tantôt variation plus lente (de 30^m 12^s à 30^m 38^s), ou même repos absolu pendant plusieurs secondes (de 30^m à 30^m 5^s ; de 31^m 21^s à 30^s, etc.). Deux fois, en deux minutes, le courant a marché pendant quelques secondes (29^m 18^s à 22^s ; 30^m 50^s à 30^m 58^s) de Lausanne à Berne, c'est-à-dire que l'aiguille du galvanomètre a passé à l'ouest.

Le 17 mai, à 4 h. 22 m. du matin, on voit que les périodes de constance du courant sont plus fréquentes et plus prolongées que dans l'exemple précédent ; mais il y a aussi des variations brusques et bizarres succédant à des intervalles de calme pour l'aiguille.

La courbe du 16 mai, 9 h. 45 m. du soir, montre un état relativement fort calme du galvanomètre pendant 5 minutes. On voit, entre autres, que de 46^m 45^s à 48^m 15^s, le courant a été très-sensiblement constant et donnait environ 10° 1/2 au galvanomètre; puis il a lentement diminué jusqu'à 8° pour s'accroître de nouveau et dépasser 10°.

§ IV, V et VI. *Influence de causes perturbatrices ou étrangères.*

Le § IV est consacré à l'examen de la part que peuvent avoir les dérivations télégraphiques dans les résultats des observations. Nous avons déjà signalé cette influence ainsi que la manière dont elle s'annonce ; nous avons en même temps remarqué qu'elle est très-faible. On est arrivé à cette conclusion de plusieurs manières, d'abord en interrompant toute transmission télégraphique dans certains moments et en constatant que néanmoins le galvanomètre accusait la même déviation, laquelle ne pouvait, par conséquent, provenir que des courants terrestres. En consultant les observations citées plus haut, on voit que c'est de 4 à 5 heures du matin que le galvanomètre accusait la plus grande variabilité des courants ; or, précisément à cette heure-là il n'y avait aucune transmission télégraphique et par conséquent il ne pouvait y avoir aucune dérivation. Enfin la nature des mouvements produits sur l'aiguille du galvanomètre par les courants intermittents de la télégraphie, n'a aucun rapport avec celle des mouvements qui résultent de l'action des courants terrestres : les premiers étaient brusques, saccadés et oscillatoires, tandis que les seconds sont lents et gra-

duels, quoique l'aiguille puisse aussi changer rapidement de plusieurs degrés.

Toutefois, quelque rare ou quelque faible que soit l'influence perturbatrice que nous venons d'étudier, elle n'en est pas moins, malheureusement, un obstacle presque absolu à l'usage des lignes ordinaires de la télégraphie pour des observations prolongées et exactes sur les courants terrestres. L'incertitude inévitable où l'on est, quant à l'importance et à la grandeur des dérivations télégraphiques, compromet plus ou moins toutes les observations et, quoique ces dérivations interviennent rarement, le seul fait qu'on ne peut pas éliminer à coup sûr leur influence, doit faire rejeter la méthode où l'on est exposé à une semblable cause d'erreur. Il est bien probable que l'inconvénient dont il est ici question se rencontrerait partout dans le réseau télégraphique suisse, puisque partout les fils et les poteaux sont installés sensiblement de la même manière. *Il me paraît donc évident que si l'on veut entreprendre, chez nous, des recherches sur les courants électriques terrestres présentant des garanties sérieuses d'exactitude, il faut employer des lignes spéciales et absolument indépendantes du réseau télégraphique. Dans le cas où l'on voudrait faire usage d'un des fils destinés aux relations télégraphiques, il faudrait choisir une ligne qui se trouvât seule sur des poteaux et se borner alors à des observations intermittentes, dans les moments où la circulation est suspendue* [1].

[1] Cette conclusion assez décourageante tient surtout à la nature bien imparfaite des isolateurs qui supportent les fils télégraphiques dans les réseaux suisses. Ce qu'il y aurait de mieux, ce serait d'avoir sur les mêmes lignes des poteaux exclusivement destinés à porter le fil servant aux observations. On pourrait peut-être aussi, ainsi que l'a

Le § V contient l'examen de la question : *Les courants observés sont-ils dus à une influence thermo-électrique?*

Cette influence exige la présence dans le courant de conducteurs hétérogènes en contact et des différences de température assez sensibles entre les points de contact de ces conducteurs. Or, le circuit dont il s'agit ici ne présentait pas une grande variété de conducteurs et seulement un petit nombre d'alternances ; il n'y avait sur toute la ligne que peu de passages d'un corps à un autre, deux fois du cuivre au fer et deux fois du fer au cuivre. On sait que les courants thermo-électriques ont une faible tension et qu'ils ne sont capables de franchir des résistances que si l'on associe un grand nombre d'éléments en les disposant tous dans le même sens. Or, la ligne qui servait aux expériences possède une résistance considérable à cause de sa longueur, les éléments entre lesquels des courants dus à la chaleur pouvaient se développer ne présentent pas une très-grande activité thermo-électrique et les différences de température ne pouvaient jamais devenir considérables. Il peut donc paraître très-probable, d'après ces considérations, que les courants observés ne pouvaient pas être des courants thermo-électriques.

Toutefois, afin de ne laisser subsister aucun doute à cet égard, on a introduit, à Lausanne, dans le circuit, une pile thermo-électrique de 20 couples bismuth et antimoine, et on a observé les mouvements de l'aiguille du galvanomètre en opérant le réchauffement de l'un des rangs de soudure par une immersion brusque dans l'eau

suggéré le général Dufour, établir sur les mêmes poteaux, à une assez grande distance des points d'attaches des fils télégraphiques, des supports isolés avec beaucoup de soin, et qui seraient eux-mêmes d'une nature plus isolante que le verre ; ce serait probablement le procédé le plus économique. (*Réd.*)

chauffée à 40 ou 60 degrés. On a pu s'assurer que ce courant thermo-électrique parcourait le long circuit de Lausanne à Berne, mais à cause de la grande résistance, son intensité était considérablement réduite. On a réussi par des expériences directes à constater que cette réduction était telle que le courant thermo-électrique était rendu mille fois plus faible par son passage dans le long circuit qu'il ne l'était quand on l'observait à Lausanne même, et on est arrivé à reconnaître que, pour produire une déviation de 10° au galvanomètre, il faudrait que la force électro-motrice développée dans le circuit thermo-électrique par une variation de température, fût plus de dix fois supérieure à celle que 30 à 35° de différence de température entre les deux rangs de soudure étaient capables de produire dans la pile de 20 éléments bismuth-antimoine. Si l'on a égard au peu d'hétérogénéité du circuit qui a servi aux observations, si l'on remarque, en outre, que dans les points où il y avait transition d'un métal à l'autre, les températures ne pouvaient nullement subir des variations rapides et considérables, on peut bien regarder comme démontré que *les courants observés sur la ligne Lausanne-Berne ne peuvent en aucune façon être attribués à des actions thermo-électriques* [1].

Reste encore l'*influence des circuits de polorisation* dont l'étude forme l'objet du § VI.

[1] Cette conclusion est d'autant plus certaine qu'on a obtenu un effet très-minime, il est vrai, mais suffisant pour montrer que rien ne s'opposait dans la ligne à la transmission d'un courant thermo-électrique. L'absence de tout effet aurait pu faire croire qu'il y avait quelque défaut, tel qu'une solution de continuité dans la ligne conductrice, et par conséquent invalider la conséquence qu'on en aurait tirée sur l'impossibilité d'attribuer à des courants thermo-électriques les courants observés. (*Réd.*)

Ces courants qui se développent si facilement dans des circuits hétérogènes (métal et liquide) par l'effet des actions chimiques, doivent nécessairement se produire à un degré plus ou moins grand d'activité dans le circuit formé de deux plaques de fer, plongeant dans un sol humide, l'une à Lausanne, l'autre à Berne, circuit qui a déjà par lui-même un pouvoir électro-moteur propre. Des expériences directes faites en introduisant dans le circuit une pile composée de six couples zinc et charbon, plongeant dans l'eau acidulée, qui lançait un courant direct d'une certaine durée, ont montré que les courants inverses développés par la polarisation des deux plaques servant d'électrodes, étaient trop faibles pour pouvoir être aperçus. On peut en conclure *que les courants de polarisation ne jouent aucun rôle important dans les résultats des observations rapportées plus haut, soit qu'il s'agisse des dérivations télégraphiques presque instantanées, soit qu'il s'agisse des courants naturels du circuit dont l'intensité était très-inférieure à celle des courants employés dans les essais précédents* [1].

[1] Cette conclusion ne s'applique naturellement qu'au circuit qui a servi aux présentes observations. Dans d'autres circonstances, il peut certainement y avoir des courants de polarisation, même avec des plaques plongeant dans le sol. M Matteucci les a observés avec des plaques de cuivre plongeant dans deux puits.

J'espère pouvoir publier prochainement une note sur ce point particulier. Des essais nombreux, faits avec des plaques de fer et de cuivre plongées dans le sol à de faibles distances, m'ont fourni des courants de polarisation très-prononcés et souvent très-intenses. Les résultats négatifs, présentés par la ligne Lausanne-Berne, tiennent très-probablement à la trop grande résistance du circuit.

(*Note de l'auteur.*)

Nous espérons pouvoir insérer dans notre prochain numéro ce travail de M. Dufour. (*Réd.*)

§ VII. *Causes des courants observés dans le circuit Berne-Lausanne.*

Les développements qui précèdent n'ont contribué que d'une façon indirecte à éclaircir la question de la *cause* des courants observés dans le circuit Berne-Lausanne. Il résulte de ces développements que ces courants sont, dans la grande majorité des cas, sans rapport avec les transmissions télégraphiques, qu'ils ne sont point dus à une influence thermo-électrique et enfin qu'ils ne peuvent pas être considérés comme dus, partiellement, à des effets de polarisation.

La cause d'un courant dans le fil Berne-Lausanne est, d'une façon toute générale, la différence de tension entre les deux points où le circuit se relie avec le sol. Mais d'où provient cette différence de tension ? On peut, ce me semble, indiquer trois causes possibles :

a) En premier lieu, une action électro-chimique sur les plaques plongées dans le sol à Berne et à Lausanne. Ces plaques en tôle, placées dans un terrain plus ou moins humide, sont manifestement le siége d'une lente action chimique et il est assez probable que, dans un avenir prochain, ce fer mince sera entièrement oxydé. Or, il n'est guère admissible que l'action chimique soit identique aux deux extrémités de la ligne et par conséquent un courant doit se produire allant du fer le moins fortement attaqué à celui qui l'est davantage.

b) Une seconde cause possible de différence de tension tient à ce que l'on pourrait nommer l'influence atmosphérique. — L'électricité de l'atmosphère doit produire, dans le sol, une induction de nom contraire. Or, il est

extrêmement probable que cet état électrique de l'atmosphère n'est pas le même, à chaque instant, aux deux extrémités de la ligne. Les différences doivent même être fort variables suivant l'état de l'air, l'absence ou la présence de la vapeur d'eau, la hauteur et la nature des nuages, etc., etc. Il peut donc résulter, de cette circonstance-là, une tension électrique inégale, dans le sol, à Berne et à Lausanne et par conséquent un courant dans le fil.

c) On admet généralement, de nos jours, qu'il existe de grands courants électriques terrestres, circulant près de la surface du sol et embrassant une portion considérable de notre goble. L'action du soleil sur notre terre est considérée comme une des causes de cette circulation électrique[1]. Une autre cause est la recomposition de l'électricité positive de l'air avec la négative du sol, recomposition qui, dans le voisinage des pôles, donne lieu au brillant phénomène de l'aurore polaire. — Lorsqu'on tient compte des observations faites plusieurs fois déjà lors des aurores boréales, si bien exposées et discutées par M. de la Rive, il est difficile de ne pas admettre l'exis-

[1] On sait que l'influence électrique ou magnétique du soleil sur notre terre est considérée comme fort probable par un grand nombre de physiciens. La relation qui existe entre les variations diurnes de la déclinaison magnétique et les taches solaires peut être invoquée comme preuve de cette influence. — On a remarqué d'ailleurs aussi que, par le fait de la rotation de notre globe, et sous l'influence du soleil ou de la lune agissant comme corps magnétiques, il peut se développer sur notre terre des courants induits. Voir, entre autres, sur ce point les opinions de M. Lamont qui attribue au soleil la propriété de déterminer sur la terre une sorte *d'onde électrique*, marchant de l'est à l'ouest. Ces opinions sont formulées en quelques conclusions très-nettes dans le *Wochenbericht* der Münch. Sternwarte, nº 28, janvier 1866.

tence de ces courants terrestres[1]. Les nombreux faits, signalés souvent dans les circuits télégraphiques, ne semblent plus guère devoir laisser de doute à cet égard.

On peut se demander quelle est, de ces trois causes, celle qui a produit les courants observés sur la ligne Berne-Lausanne.

Il est probable que l'état électrique de ce circuit était, dans la plupart des cas si ce n'est toujours, un résultat complexe de ces trois influences réunies. — L'action électro-chimique aux deux extrémités produisait proba-

[1] Je dois avouer cependant que cette *notion de courants électriques circulant dans le sol* demeure pour moi enveloppée encore de quelque obscurité et cela pour les deux motifs suivants :

L'opinion généralement admise aujourd'hui, c'est que le globe terrestre ne peut en aucun cas être comparé à un conducteur ordinaire. Lorsque deux pôles opposés d'une pile sont mis en relation avec deux points différents de la terre, on admet que l'électricité s'écoule en quelque sorte de part et d'autre dans le sol, et on ne croit pas que le circuit se ferme, se complète à travers la terre elle-même. Si cette manière de concevoir le rôle de la terre est exacte, n'y a-t-il pas quelque difficulté à se représenter ces courants électriques, circulant dans le sol sur de grandes étendues?.....

D'une autre part, il résulte d'expériences nombreuses, entre autres des beaux travaux de M. Matteucci, que lorsqu'on plonge les deux pôles d'une pile dans des points suffisamment éloignés l'un de l'autre, la résistance est nulle entre ces points-là. En d'autres termes, la partie de la terre interposée entre les deux électrodes se comporte comme un conducteur absolument sans résistance. Dès qu'il en est ainsi, si même on admet l'existence d'un courant qui se propage dans le sol, peut-on concevoir qu'il soit possible d'obtenir une dérivation de ce courant dans un fil extérieur dont la résistance est en quelque sorte infinie, comparée à celle du terrain !.....

On sait que des considérations analogues à celles qui précèdent ont porté M. Lamont à penser que nos circuits extérieurs ne peuvent déceler que les *variations* du courant terrestre. (Voir *Archives*, décembre 1861.)

blement un courant dirigé toujours dans le même sens et passablement constant. Les plaques étant, en effet, à environ deux mètres au-dessous de la surface du sol, ne peuvent guère subir des actions bien variables d'un moment ou même d'un jour à l'autre, et, en tout cas, il me semble impossible d'attribuer à une variation dans l'action chimique ces changements presque continus et souvent fort rapides que le courant subissait.

On peut remarquer d'ailleurs que des plaques métalliques, installées dans le sol à une *petite distance* les unes des autres, donnent lieu à des courants, mais à des courants *très-constants*. J'ai observé, pendant plusieurs semaines, les effets produits par deux plaques de fer et une de cuivre placées seulement à quelques mètres les unes des autres. Ces trois conducteurs, reliés deux à deux, fournissent des courants très-prononcés; mais ces courants n'éprouvent que des variations insignifiantes d'un jour à l'autre ou même d'une semaine à l'autre. Ainsi, entre les deux plaques de fer, il n'y a souvent pas eu $1/2^{\circ}$ de variation durant toute une semaine. Il est extrêmement probable que si, dans ces conditions, l'action électro-chimique produit un courant aussi constant, il doit en être sensiblement de même pour les deux plaques installées à Lausanne et à Berne.

On peut donc, je pense, considérer l'action chimique que subissaient les deux extrémités du circuit Lausanne-Berne comme une cause constante de production de courant, cause à laquelle venaient s'ajouter l'action inductrice de l'atmosphère et celle des grands courants électriques terrestres.

Ces deux dernières influences ont introduit l'élément variable dans le phénomène dont il s'agit. — La variabi-

lité des courants généraux a été constatée déjà bien des fois lors des aurores boréales; elle a souvent été assez grande pour que, en quelques minutes, il y eût un changement considérable dans l'intensité ou même dans le sens des courants, ainsi que cela résulte des observations de MM. Walker, Hipp, Matteucci, etc. Il est donc probable que, du plus au moins, cette variabilité existe toujours et elle a sans doute une large part dans les mouvements incessants de l'aiguille du galvanomètre. L'action inductrice de l'atmosphère doit être aussi éminemment changeante et il se peut fort bien que son effet se fasse sentir, non-seulement aux deux extrémités de la ligne, mais aussi dans l'espace intermédiaire. Un nuage, électrique, par exemple, doit agir par induction sur le fil lui-même et son influence doit donner lieu à des courants. En vertu de ce dernier fait, une ligne sera, en moyenne, d'autant plus influencée par l'action atmosphérique qu'elle sera plus longue; sous ce rapport, le fil tendu entre Lausanne et Berne, sur une étendue de 97000^{m}, était évidemment fort exposé à être, tantôt ici, tantôt là, soumis à une action inductrice de l'atmosphère ou des nuages. Cela est d'autant plus probable que pendant une partie de son trajet (environ 32 kilomètres) le fil s'élève de plus en plus et atteint un point culminant de 295^{m} au-dessus de Lausanne pour s'abaisser de nouveau lentement jusqu'à Berne.

L'opinion que j'énonce ici, quant à l'influence de la plus grande longueur de la ligne, n'est pas conforme à celle du R. P. Secchi[1], qui pense que les influences locales diminueront lorsque la distance des stations extrê-

[1] Lettre à M. A. de la Rive. (*Archives des Sciences phys. et natur.*, février 1865.)

mes augmentera, et qui indique les longueurs de 40 à 60 kilomètres comme convenables. — L'influence des nuages orageux est cependant certaine sur les lignes télégraphiques, — on le sait assez dans tous les bureaux, — et il me paraît certain que, sous ce rapport-là, plus une ligne est développée et plus il y a de chances à ce que l'une ou l'autre de ces parties se trouve dans le cercle d'influence de nuages électriques. Sans parler des orages proprement dits et des décharges violentes, il est bien probable que le seul rapprochement ou le seul éloignement des nuages électrisés suffit pour provoquer des courants accidentels dans une ligne télégraphique. Il est évident que ce genre de perturbation, qui ne s'observe que rarement avec les appareils télégraphiques ordinaires, doit être plus fréquent si l'on se sert d'un galvanomètre sensible [1].

Il serait naturellement d'un grand intérêt de pouvoir, dans les observations faites, éliminer l'élément constant dû à l'action électro-chimique des plaques, afin de reconnaître ce qui provient des deux autres causes. Cette séparation n'est malheureusement pas possible et par conséquent *tout l'intérêt des observations faites ici réside dans les variations du courant* et non point dans sa grandeur absolue, dans la fréquence et l'amplitude de ces variations. Pour savoir ce qui est relatif à l'intensité absolue des courants électriques terrestres, il faut évidemment

[1] On sait que les observations de l'électricité atmosphérique montrent des variations souvent fort rapides et considérables dans des moments successifs. (Voir, entre autres, Quételet, *Climat de la Belgique*, et *Archives des Sc. phys. et natur.*, septembre 1854.) Ces variations, quoique beaucoup moins fréquentes, ne sont pas sans analogie avec celles des courants terrestres.

employer des électrodes choisis et disposés d'une façon telle que l'action chimique soit nulle ou identique aux deux extrémités de la ligne. Des plaques de charbon compacte peuvent peut-être convenablement remplir ce but, ou bien des plaques de zinc amalgamé plongées dans une dissolution de sulfate neutre de zinc, ainsi que les a employées M. Matteucci.

On a vu que le courant est beaucoup plus fréquemment dirigé de Berne à Lausanne que dans le sens inverse. L'aiguille du galvanomètre est en effet le plus ordinairement déviée à l'E. Certains jours même, elle ne passe pas de l'autre côté du 0 et il est arrivé une seule fois que, pendant toute une heure, elle s'est maintenue à l'O. du 0°, c'est-à-dire que le courant a été dirigé de Lausanne à Berne. Cette prédominance très-prononcée de la direction Lausanne-Berne peut tenir à diverses causes.

Berne est plus au nord que Lausanne d'environ 49 kilomètres. Comptée sur le méridien magnétique, cette distance est d'environ 29 kilomètres. Lausanne est de 63 kilomètres à l'O de Berne. Les observations faites en d'autres lieux ne paraissent pas avoir montré que les courants terrestres soient toujours plus fréquents du N. au S. que dans le sens contraire. Les expériences de M. Matteucci lui ont au contraire montré la direction du S. au N. comme beaucoup plus fréquente[1].

[1] Je dois noter ici que M. de la Rive ne pense pas que les courants observés par M. Matteucci, dans le méridien magnétique, soient une dérivation du grand courant terrestre. Ces courants seraient plutôt dus à des circonstances atmosphériques et locales, le circuit employé par M. Matteucci ayant des électrodes trop peu éloignées et un galvanomètre offrant une trop grande résistance. (Voir *Archives des Sc. phys. et natur.*, février 1865.)

Dans celle de ses lignes dirigée perpendiculairement au méridien, M. Matteucci a observé des courants de sens variable, mais plus fréquents cependant de l'Ouest à l'Est, tandis que sur la direction Berne-Lausanne, la direction prédominante est de l'Est à l'Ouest. — Quant à l'altitude, les deux plaques de terre diffèrent peu l'une de l'autre : celle de Berne est de 68 mètres plus élevée que celle de Lausanne. Je ne pense pas que cela puisse expliquer la plus grande fréquence du courant Berne-Lausanne. D'après M. Matteucci même, ce devrait être l'inverse; car ce savant a toujours vu le courant *ascendant* entre deux stations, près de Turin, présentant une différence d'altitude de 150^{m}. Ce résultat a été confirmé entre Ivrée et St-Vincent, sur une longueur de 36 kilomètres, avec une différence de niveau de 281^{m}, et ailleurs encore.

Il est possible que ce soit à la différence d'action électro-chimique des plaques qu'il faille attribuer cette prédominance de la direction Berne-Lausanne, et ce qui appuierait cette supposition, c'est que la plaque de Lausanne est plongée dans un terrain marneux bien plus humide que le sol un peu sec et sablonneux où se trouve celle de Berne. Il y avait donc probablement un courant sensiblement constant dirigé de Berne à Lausanne, déviant d'un certain nombre de degrés à l'Est l'aiguille du galvanomètre. A ce courant constant venait s'ajouter, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, les courants électriques terrestres variables d'intensité et c'est cette somme qui produisait les mouvements de l'aiguille galvanométrique[1].

[1] Tout en émettant cette opinion, je ne puis pas me dissimuler cependant que des considérations assez fortes pourraient faire mettre en

Le fait même de la *variabilité* des courants terrestres, est assurément très-remarquable. Cette variabilité, dans mes observations, est d'ailleurs semblable à celle qui résulte des observations faites en d'autres lieux.

Les faits publiés par M. Walker, en Angleterre, montrent sur diverses lignes (Margate à Asford, Margate à Ramesgate, Asford-Hastings, etc.) les courants terrestres très-variables et d'une remarquable intensité dans les journées voisines des aurores d'août et de septembre 1859. Le 7 septembre, par exemple, entre 7 h. 19 m. et 7 h.

doute la possibilité d'un courant un peu intense, d'origine électro-chimique, dans le circuit Berne-Lausanne.

Les deux plaques sont séparées, en effet, par une très-grande distance, et on peut penser, avec quelque raison, que la force électromotrice qui intervient dans leur contact avec la terre humide ne suffit pas pour y engendrer un courant sensible.

Dans les essais que j'ai faits à l'aide de plaques en fer plongées dans le sol et placées à une petite distance, j'ai obtenu un courant caractérisé par une très-faible tension. Les deux plaques reliées par un gros conducteur de vingt mètres environ d'étendue donnaient un courant de 39°,8 au galvanomètre. En introduisant dans le circuit le fil de cuivre d'un relais télégraphique dont la longueur équivaut à peu près à 14000 mètres du fil de fer des lignes, cette intensité était réduite à 3°,5. On voit que si la ligne Berne-Lausanne avait été intercalée entre ces deux plaques, le courant aurait à peine écarté l'aiguille du zéro.

De ces faits on ne peut pas absolument conclure ce que doit être la tension du courant électro-chimique entre les deux plaques de terre de Berne et de Lausanne, parce que les circonstances ne sont pas identiques; mais on peut cependant en inférer, avec quelque probabilité, que ce courant doit être bien affaibli à travers la longue résistance des 97000 mètres de fil télégraphique.

On pourrait remarquer encore que les résultats négatifs obtenus dans la recherche des courants de polarisation viennent à l'appui des considérations précédentes. Ces courants, en effet, se manifestent très-bien avec des plaques de terre reliées par un fil court, tandis qu'ils n'ont pas été sensibles entre les deux plaques de Berne et de Lausanne.

29 m., on a pu enregistrer quatre courants alternativement dirigés en sens contraire et donnant 64°, 44°, 34° et 38° à la boussole[1].

Dès 1859 que M. Lamont a voué une attention particulière aux courants terrestres, ce savant a toujours constaté les variations extrêmes de ces courants et il soutient, d'ailleurs[2], que « le galvanomètre n'indique pas le cou« rant terrestre lui-même, mais seulement les *ondulations* « *du courant terrestre*, soit les variations momentanées « qu'il éprouve. » Le savant Directeur de l'Observatoire de Munich pense que les galvanomètres ne peuvent signaler autre chose que ces variations du courant, parce que ces varations seules donnent des dérivations. Le courant terrestre, s'il était absolument constant, se propagerait exclusivement dans le sol et ne viendrait point emprunter nos circuits télégraphiques. M. Lamont, d'ailleurs, en discutant les résultats obtenus sur les nombreuses lignes qu'il a installées dans le voisinage de son observatoire, admet l'existence d'un courant principal perpendiculaire au méridien. « En dehors de ce courant équatorial, il « n'existe que des mouvements ondulatoires irréguliers « qui vont tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, et « qui suivent aussi souvent une autre direction que celle « du méridien. »

Le R. P. Secchi a fait des observations de courants terrestres sur une ligne de 52 kilomètres, de Rome à Anzio, dirigée du Nord au Sud. Il a trouvé une variation diurne très-marquée dans l'intensité de ce courant dont le sens général, sauf quelques perturbations, est du Nord

[1] *Philos. Transact.*, 1861. — *Archives*, décembre 1861.
[2] *Archives*, décembre 1861.

au Sud. Sur la demande de ce savant, M. Jacobini, inspecteur des télégraphes romains, a observé sur la ligne de Rome à Ascoli de 58 kilomètres de longueur, dans une direction normale à celle du méridien magnétique. Les variations ont été ici très-nombreuses, soit quant à l'intensité, soit quant à la direction du courant. L'une des extrémités de la ligne, Ascoli, est une station située dans les montagnes, ce qui est probablement une circonstance favorable pour que les influences atmosphériques locales acquièrent beaucoup d'importance.

A l'observatoire de Greenwich[1], les courants des deux lignes Greenwich-Croydon, recueillis à l'aide d'appareils enregistreurs, présentent une grande analogie avec ceux des observations faites à Lausanne. Il y a, ce me semble, une vrai importance à constater que, dans des contrées fort éloignées, le phénomène des courants terrestres présente un même caractère et se rattache donc probablement pour une grande part au moins, à des causes très-générales. En comparant les courbes de Greenwich avec celles des 17 et 31 mai, observées à Lausanne, on reconnaît bientôt une complète analogie et la différence d'aspect, qui frappe au premier abord, tient uniquement à *la différence de l'échelle des temps*, puisque la même longueur qui représente *une heure*, dans les courbes de Greenwich, représente *cinq secondes* dans celles de Lausanne.

La ligne Greenwich-Dartford a une longueur de 25200 mètres; elle fait un angle de 57° (dans le cadran

[1] Je dois ces renseignements, sur les observations qui se font à Greenwich, à une communication adressée par M. Airy à M. A. de la Rive et que M. de la Rive a bien voulu mettre à ma disposition.

S.-E.) avec le méridien magnétique de Greenwich. On voit que, dans la journée du 17 avril, les courants terrestres y ont présenté des variations continues, mais d'une faible amplitude ; ces variations se manifestent par des hachures qui ne sont un peu confuses et entassées que parce que le papier enregistreur se déroulait lentement. Les courbes de mes observations présenteraient évidemment le même aspect si on les comprimait, en quelque sorte, sur un axe des temps beaucoup plus court.

La ligne Greenwich-Croydon a 16890^{m} de longueur; elle fait, avec le méridien magnétique, un angle de 50° (dans le cadran S.-O.) et avec la ligne précédente, par conséquent, un angle de 107°. On voit que, malgré la moindre longueur de cette ligne, le courant terrestre y a offert, le 17 avril, des variations d'une assez grande amplitude et il se dirigeait tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. — En comparant ces deux courbes avec celles de mes observations, on peut voir qu'elles manifestent des variations de courant absolument semblables. Parfois l'intensité change rapidement et considérablement de valeur et d'autres fois elle varie peu ou entre des limites beaucoup plus rapprochées.

La grande variabilité est donc un des caractères les plus essentiels des courants qui s'observent sur une ligne de quelque étendue en relation avec le sol par ses deux extrémités, et, ainsi que je l'ai déjà remarqué, la *forme* de ces variations est digne de fixer l'attention. On voit, pendant plusieurs secondes successives, l'intensité du courant augmenter d'une façon fort régulière ; il n'y a pas une impulsion brusque de l'aiguille du galvanomètre, mais une variation lente qui aboutit à des repos absolus. Le courant demeure tout à fait constant pendant quel-

ques secondes, parfois plus d'une minute, puis son intensité varie de nouveau dans un sens ou dans l'autre.

Il est à remarquer que ces manifestations *habituelles* du courant terrestre ont au fond le même caractère que celles qui ont été signalées à plusieurs reprises dans ces derniers temps lors des aurores boréales ; il n'y a d'autre différence que les limites plus étendues entre lesquelles les variations se produirent. Si l'on traduit en courbes les observations de MM. Walker, Matteucci, Hipp, Loomis, etc., pendant les aurores boréales, en choisissant une échelle des intensités convenable, on trouve des figures entièrement semblables à celles que j'ai obtenues. Voici, comme exemple, quelques observations faites à Berne, par M. Hipp, le 2 septembre 1859, entre 8 et 9 heures du matin, à un moment où, on le sait, une forte perturbation magnétique était constatée sur la plupart des lignes télégraphiques de l'Europe coïncidant avec une aurore boréale des plus brillantes.

8 h. 34 m. 0 s.	+ 37°	8 h. 41 m. 30 s.	+ 26°
15 s.	+ 34°	45 s.	— 26°
36 m. 0 s.	+ 4°	42 m. 0 s.	— 31°
15 s.	— 20°	15 s.	— 30°
30 s.	— 30°	30 s.	— 24°
38 m. 0 s.	— 2°	45 s.	— 12°
40 m. 45 s.	+ 42°	43 m. 0 s.	0°
41 m. 0 s.	+ 38°		

J'ai représenté graphiquement les résultats compris entre 8 h. 40 m., 45 s. et 8 h. 43 m.

M. Hipp observait avec une boussole télégraphique ordinaire et seulement de 15 en 15 secondes, c'est pour cela que la courbe présente peu de sinuosités de détail

mais il est extrêmement probable que si un appareil plus délicat avait été placé dans le circuit et si on l'eût suivi de seconde en seconde, on aurait eu une courbe accusant des variations d'intensité absolument analogues à celles du 17 et du 31 mai et ne présentant aucune différence essentielle avec ce qui s'observe *tous les jours* à l'aide d'un galvanomètre sensible.

On arrive donc, par ce genre de considérations, à rattacher, avec beaucoup de probabilité, à une seule et même cause les courants terrestres qui s'observent habituellement et ceux qui ont exceptionnellement attiré l'attention lors des aurores boréales : cette cause, en quelque sorte permanente, est plus ou moins intense à divers moments ou à diverses époques. — C'est bien ainsi, on le sait, que M. de la Rive conçoit la cause des aurores boréales dans la belle théorie qu'il a développée. Suivant ce savant physicien, cette cause, toujours agissante, c'est la recomposition, à travers l'atmosphère des régions polaires, de l'électricité positive de l'air avec la négative du sol, recomposition dont l'activité doit dépendre de l'état constamment variable en température, humidité, etc., des couches d'air elles-mêmes.

Dans les latitudes supérieures, on a la preuve de la fréquence ou de la permanence du phénomène électrique par la fréquence des aurores elles-mêmes. Dans nos latitudes plus méridionales, la manifestation lumineuse de la recomposition électrique ne s'aperçoit que dans les cas où elle est exceptionnellement intense; mais les courants terrestres que nous pouvons recueillir et dont nous pouvons observer les variations sont pour nous un indice de la continuité et de la permanence du phénomène qui les provoque.

Lorsque l'on eut remarqué la coïncidence entre les aurores boréales et les perturbations des aiguilles de déclinaison, on put quelquefois reconnaître l'existence d'une aurore sans la voir et seulement par l'observation des instruments magnétiques. — On peut dire que les courants terrestres, recueillis et signalés par le galvanomètre, sont un moyen semblable, mais beaucoup plus sensible. L'emploi du galvanomètre nous permet de suppléer, en quelque sorte, à ce qu'il y a de défavorable dans notre situation géographique; les indications de cet instrument nous informent de l'existence et de la marche des orages magnétiques polaires d'une façon peut-être plus complète et plus sensible que ne le font les jets de feu des aurores pour les habitants des latitudes boréales.

Cette analogie de caractère entre les courants qui s'observent *habituellement* dans un long circuit et ceux qui se manifestent avec une intensité exceptionnelle lors des aurores boréales devient, en outre, me paraît-il, la meilleure preuve que ces courants *habituels* sont bien dus à quelque phénomène général et qu'ils ne sont pas une simple manifestation de causes toutes locales. L'action de l'air plus ou moins électrisé, des nuages, etc., peut très-vraisemblablement provoquer des manifestations électriques dans un long circuit communiquant avec le sol par ses deux extrémités; mais cette action seule ne peut en aucune façon expliquer les deux faits suivants :

1° En même temps que paraissent des aurores polaires, les courants acquièrent une intensité très-grande *tout en conservant les mêmes caractères*, dans leur variabilité, que ceux qui s'observent habituellement.

2° Dans une foule de lieux, très-éloignés les uns des autres, en Europe et en Amérique parfois (ex.: 29 août

et 2 septembre 1859) on observe au même moment, *dans les mêmes heures*, une recrudescence dans l'intensité des courants.

On peut évidemment se rendre compte de cette simultanéité qu'en attribuant les courants observés à une cause générale, à quelque phénomène qui intéresse une grande partie de notre globe. Cette conclusion, imposée en quelque sorte pour les courants très-forts des époques à aurores polaires, s'applique nécessairement aussi, ce me semble, aux courants plus faibles, mais absolument semblables à tous égards, qui s'observent chaque jour.

Quant à l'intensité absolue des courants terrestres ou de leurs variations, elle est peu facile à comparer dans les observations faites en divers lieux. Cette intensité doit dépendre de la distance des plaques extrêmes : mais sa constatation dans les appareils dépend aussi de la résistance totale du circuit où on l'observe.

Dans les observations rapportées plus haut, on voit que les variations étaient souvent de 10 à 20° en quelques secondes. Il y a plusieurs exemples (14 mai, 15 mai, 29 mai, etc.) d'une variation de 25 à 30° en peu de minutes; 25 à 30° au galvanomètre représentent à peu près 1 1/2° à la boussole télégraphique ordinaire. Avec les appareils télégraphiques pourvus d'un relais, on peut télégraphier avec 3° à la boussole; mais c'est la limite extrême. Les nouveaux appareils Morse, à encre, fonctionnent avec 5°. On voit ainsi que, dans mes observations, les variations du courant représentaient souvent, en quelques minutes, une intensité égale à la moitié, à peu près, de celle qui est nécessaire (au minimum) pour pouvoir télégraphier. Dans quelques cas

exceptionnels (les 3 et 7 novembre 1865) ces variations ont représenté une intensité au moins égale à celle qui permet de transmettre aisément des signes télégraphiques [1].

Il est évident qu'on ne pourait point conclure de ces rapprochements à la possibilité d'obtenir des signes aux appareils télégraphiques avec les courants terrestres habituels. Il y a, en effet, la résistance particulière de ces appareils qui viendrait réduire l'intensité du courant.

Il résulte de ces considérations que les galvanomètres affectés à l'étude des courants terrestres ne doivent pas être trop sensibles ; car alors l'aiguille serait toujours très-fortement déviée et n'accuserait pas aussi bien les variations faibles.

Il faut d'ailleurs évidemment avoir égard à la longueur de la ligne sur laquelle on fait les observations : car si l'on applique un galvanomètre à très-long fil à une ligne courte, l'instrument apportera une résistance considérable comparée à celle du circuit. Les galvanomètres à système astatique ordinaire, de 2 à 300 tours, me semblent tout à fait convenables pour des longueurs de lignes analogues à la distance Lausanne-Berne.

M. Matteucci a fait usage de galvanomètres à 100, 1500 et 24000 tours. Ces derniers auraient été, je crois, trop sensibles pour les courants de la ligne Berne-Lausanne.

A Greenwich, l'appareil employé s'est trouvé trop sensible également lors des perturbations magnétiques de

[1] Je parle ici des intensités à l'aide desquelles *on pourrait* télégraphier avec les appareils ordinaires. En réalité, la télégraphie emploie, dans l'état habituel, des courants beaucoup plus forts, l'état normal est 30° à la boussole.

la fin de juillet dernier; perturbations qui ont coïncidé, on s'en souvient, avec la tentative de la pose du câble transatlantique. A ce moment, l'appareil a donné des indications en dehors des limites des instruments enregistreurs et depuis cette époque M. Airy introduit parfois, dans le circuit, une résistance supplémentaire.

Il est à peine nécessaire de faire remarquer, après les détails qui précèdent, que les caractères des courants terrestres sont tels que l'on ne peut guère hésiter quant à la méthode la plus favorable pour leur étude. Il est évident que les appareils enregistreurs sont ici plus indispensables que dans aucune autre des branches d'étude de la physique du globe. — Il est extrêmement à désirer que l'usage de ces instruments se généralise, et que, par leur moyen, les courants terrestres soient désormais étudiés d'une façon suivie et régulière dans tous les observatoires magnétiques. Il y aura évidemment un grand intérêt à comparer entre elles les courbes obtenues simultanément en divers lieux et à comparer ces courbes avec celles que fournissent les appareils magnétiques ordinaires.

On sait quels résultats intéressants a déjà fourni la comparaison entre les observations magnétiques faites en des points différents [1]. Les études entreprises sous l'impulsion de Gauss par l'Association magnétique allemande et les observations simultanées faites en divers lieux, de cinq en cinq minutes, pendant six jours, chaque année, ont montré que les variations des éléments magnétiques se produisaient en même temps dans toute l'étendue du

[1] Voir entre autres, sur ce point, une communication du général Sabine. (*Ann. de Chimie et de Physique*, t. LXIV, 1862), et le *Traité d'électricité*, t. III, de M. de la Rive.

territoire des observations. La correspondance se soutenait de la manière la plus complète et la plus surprenante, non-seulement dans les grandes oscillations, mais dans presque toutes les plus petites, et MM. Gauss et Weber ont pu dire « qu'il n'était en réalité rien qu'on pût légitimement attribuer à des causes *locales*. »

Les nombreuses observations recueillies dans les quatre stations si diversement situées de Torento, Sainte-Hélène, le cap de Bonne-Espérance et Hobart-Town, ont conduit à des résultats analogues, et ces observations ont montré qu'il s'agit là d'un phénomène qui intéresse le globe entier et qui se manifeste simultanément dans les stations les plus distantes.

On ne peut guère douter que les coïncidences qui se sont ainsi manifestées à l'aide des appareils magnétiques ne se montrent d'une façon probablement bien plus sensible encore lorsque l'on pourra comparer les courbes des courants terrestres enregistrés simultanément dans divers lieux. Il me paraît vraisemblable que ces coïncidences se retrouveront même dans les courants habituels, journaliers en quelque sorte et d'une faible intensité. Les variations plus ou moins énergiques de ces courants sont probablement d'ailleurs la cause principale des perturbations accusées depuis longtemps par les aiguilles aimantées, et il y a tout lieu de croire que par leur étude la science du magnétisme terrestre fera des progrès signalés [1].

[1] Mais il y a, ce me semble, une sorte de question préalable à vider si l'on veut pouvoir comparer, dans la suite, les observations faites en divers lieux et dans des circonstances diverses; c'est celle de l'influence de la *profondeur des électrodes* qui terminent les circuits. M.

§ VIII. *Influences météorologiques et magnétiques.*

Outre la différence habituelle entre le matin et le soir qui sert aux indications du galvanomètre, qui consiste essentiellement en ce que le courant est plus constant le soir que le matin, on remarque des différences souvent frappantes entre un jour et un autre, soit quant au sens de la déviation de l'aiguille, soit quant à la fréquence et à la rapidité des variations. En comparant les résultats de chaque jour avec les éléments météorologiques, on n'arrive à aucune indication bien précise, à part certains jours orageux, ce qui ne permet pas d'attribuer aux influences météorologiques une action bien caractérisée sur les courants observés. Il semblerait que les causes générales, c'est-à-dire les grands courants électriques terrestres, sont celles qui ont la plus grande part dans les faits observés et que les différences locales de tension électrique, dues surtout à l'influence de l'atmosphère, sont

Lamont a pu conclure de ses belles recherches que « les ondulations « du courant se manifestent avec le plus d'intensité à la surface de la « terre et diminuent d'autant plus qu'on pénètre dans l'intérieur. A « douze pieds de profondeur elles perdent déjà de leur intensité. » (*Archives*, décembre 1861.) M. Matteucci a de même constaté que « les courants observés augmentent d'intensité lorsque l'on approfondit « les cavités où plongent les lames extrêmes de $0^m,50$ à 2^m. » Ce savant physicien attribue cette influence à la plus grande conductibilité de la couche qu'on atteint en approfondissant les cavités extrêmes. — Sans insister davantage, il me paraît évident que l'une des observations les plus précieuses et les plus urgentes dans le sujet actuel consisterait à suivre simultanément les indications fournies par deux ou trois lignes semblablement placées et différant uniquement par la situation plus ou moins profonde des plaques extrêmes. — Il y aurait un vif intérêt aussi à observer un circuit dont les électrodes plongeraient dans des puits de mine.

beaucoup moins importantes. Toutefois, on a bien constaté l'influence des orages dans quelques cas.

Quant à l'action des aurores boréales, elle a été très-prononcée le 3 et le 7 novembre 1865. Si l'on compare les déviations observées ces deux jours-là avec celles qui s'observaient en général sur la ligne et avec ce qu'on peut nommer l'état moyen du galvanomètre, il est évident que les orages magnétiques du 3 et du 7 novembre se manifestaient surtout par des courants dirigés dans la direction Berne-Lausanne, c'est-à-dire du Nord au Sud.

Mais pour obtenir des résultats un peu certains quant aux rapports entre les courants terrestres et les circonstances météorologiques, il faudrait avoir un plus grand nombre d'observations que celles rapportées dans ce travail.

DES DIVERS MODES
DE
COLORATION DANS LES PLUMES [1]

PAR

M. VICTOR FATIO

Les divers plumages des oiseaux ont été de tout temps étudiés, et leurs différentes colorations ont fait jusqu'à nos jours le sujet de bien des travaux intéressants.

La question des changements de livrées s'est présentée de plusieurs manières; une coloration nouvelle est-elle toujours le propre d'une nouvelle plume? ou bien, la coloration peut-elle quelquefois se modifier dans les mêmes tissus.

Chacune de ces idées a eu ses défenseurs; la seconde prenant de plus en plus de vraisemblance, il a fallu trouver comment et par quels moyens pouvaient se faire ces modifications internes.

Schlegel [2], en 1852, supposa une nouvelle vie dans la plume à l'approche du printemps, et la plupart des naturalistes qui s'occupèrent après lui du sujet, cherchèrent

[1] L'auteur donne ici un extrait d'un Mémoire qu'il a lu le 1er février 1866 à la Société de physique de Genève, et qu'il compte livrer très-prochainement *in extenso* à la publication.

[2] Sendschreiben an die am 6 Julius 1852 zu Altenburg versammelten Naturforscher, von Hermann Schlegel. Naumania, vol. II, l. 2.

plutôt à renverser cette hypothèse première qu'à lui substituer une explication nouvelle et plausible du phénomène.

Cependant, quelques théories émises dans ces dernières années vinrent encore subdiviser la question. Weinland [1] supposant une graisse pigmentée venant du corps colorer à nouveau la plume morte, ne croyait pas à la présence d'un principe colorant latent, pour ainsi dire, au-dessous de la couleur apparente.

Severtzof [2] croyait à cette inhérence première de la matière colorante nouvelle, et proposait l'ozone de l'air comme agent modificateur de la coloration en général.

Aucune de ces méthodes ne satisfaisant l'esprit, et surtout aucune d'elles ne pouvant soutenir une observation attentive, j'ai donc repris la question en commençant par l'étude de la croissance et de l'anatomie de la plume qui devait faciliter plus loin celle des développements ultérieurs.

Je n'entrerai pas ici dans le détail de ces recherches préliminaires, et je me bornerai à citer en passant les points les plus indispensables à la compréhension de mon sujet. Je dirai d'abord que chaque plume comporte toujours :

1° Une tige centrale ou axe primaire.

2° Plusieurs barbes disposées sur les côtés de ce premier tronc et formant comme des rameaux ou axes secondaires.

[1] Zur Verfärbung der Vogelfeder ohne Mauserung, von Dr D. F. Weinland Cabanis, IV, 1856.

[2] Mikroscopische Untersuchungen über die Verfärbung der Federn zum Hochzeitskleide bei einigen Vögeln, nebst Betrachtungen über das Verhältniss derselben zur Mauser, von N. Severtzof.

3° Des barbules nombreuses régulièrement implantées sur la barbe et constituant les axes tertiaires.

4° De petits crochets latéraux formant comme des rameaux de ces dernières, et, si l'on veut, des axes quaternaires.

Je signalerai ensuite que chacune de ces parties se compose aussi : d'un *épiderme* à cellules plates et irrégulières à l'extérieur, d'une *matière corticale* formée de cellules plus ou moins allongées en fibres en dessous, d'une *substance médullaire* colorée en cellules arrondies ou polygonales à l'intérieur, et de *granules pigmentaires* épars ou groupés dans le centre de chaque segment d'un axe quelconque.

Je dirai, enfin, que la plume se forme dans l'intérieur du corium, au dépens de cellules plastiques qui s'organisent dans une gaîne protectrice, et qu'elle chasse devant elle en grandissant le duvet qui lui a préparé les voies chez le jeune oiseau.

Cuvier [1], Reclam [2], Engel [3], Holland [4], et bien d'autres, ont assez écrit sur le développement des plumes pour que je puisse m'abstenir d'aborder aussi ce point. Une fois crue, la plume a reçu déjà tous les principes colorés qu'elle doit tirer jamais du corps ; les vaisseaux sanguins qui l'ont nourrie s'oblitèrent graduellement, et sa moelle intérieure se dessèche petit à petit.

[1] Fréd. Cuvier. Observations sur la structure et le développement des plumes. *Mém. du Musée d'hist. natur.*, t. XIII.

[2] Carolus Reclam. De plumarum pennarumque evolutione. Lipsiæ, 1846.

[3] Engel, Joseph. Ueber Stellung und Entwickelung der Feder in Wiener Sitzungsber. *Math. Nat.* Cl. Bd. 22, 1857 (1856), p. 376-393.

[4] Dr Theod. Holland. Pterologische Untersuchungen. *Journal für Ornithologie*, vol. XI, Heft 3, 1864.

Ceci établi, j'ai commencé par étudier les modifications dues à des mues réelles, ou à des changements de plumes. Je n'entrerai non plus ici dans aucun détail pour en arriver plus vite au vrai but et au véritable résultat de mon travail, aux divers modes de coloration dans une même plume.

Chaque oiseau se présente d'abord sous différents aspects suivant son âge, son sexe et la saison ; mais il varie aussi suivant les localités qu'il habite et la nourriture qu'il y trouve.

Le sang modifié par ces diverses influences internes ou externes, fournit aux plumes nouvelles des pigments diversement élaborés.

Un jeune oiseau ne recevra, par exemple, à sa première mue, ni la même dose, ni la même qualité de pigment qu'un individu plus âgé. Un mâle ne recevra pas la même matière colorante que sa femelle, ou bien il recevra une substance qui, d'abord analogue, sera capable de se modifier d'une manière différente. Un vieil individu ne recevra plus, enfin, que toujours une même dose d'un même pigment pour présenter constamment un plumage semblable.

Une plume crue en automne se modifie au printemps si elle n'est pas renouvelée; mais elle passe en même temps petit à petit d'une mort qui n'était qu'apparente à une mort de plus en plus réelle, et il viendra un moment où elle devra être expulsée et remplacée par une autre munie de certaines formes, de certaines proportions et d'une coloration déterminée.

A l'approche des froids, une plume nouvelle, plus longue, et plus chaude par le fait qu'elle est moins usée, vient remplacer l'ancienne; au printemps un plumage

plus brillant vient décorer l'oiseau qui se pare pour ses noces.

Quand un oiseau ne peut au printemps se couvrir d'habits nouveaux, il rafraîchit les siens en enlevant les bouts usés et reteignant ce qui reste bon encore.

C'est précisément ce rafraîchissement et cette teinte nouvelle que j'ai voulu étudier plus spécialement dans le mémoire que je ne fais qu'esquisser dans ces lignes.

J'ai cherché, en abordant à mon tour la question, à reproduire toujours artificiellement ce que je supposais d'abord devoir se passer dans la nature.

Une nouvelle coloration peut apparaître dans une plume, lentement et à partir de l'automne déjà, ou promptement au printemps seulement; elle peut aussi consister en une simple augmentation dans l'intensité de la première, ou trancher complétement avec l'ancienne.

Les conditions externes ou internes qui peuvent agir sur la plume sont; *l'humidité de l'air, la température, la lumière, le mouvement* et *la graisse de l'oiseau*. Les modifications produites par ces agents sont, *des développements variés de certaines parties, la solution et la diffusion du pigment interne* et *la rupture des parties extrêmes.*

L'humidité fait gonfler la substance corticale d'une plume et facilite ainsi les voies de communications entre les cellules et les fibres constituantes. Une graisse liquide incolore, arrivant tantôt par l'intérieur, tantôt par l'extérieur, vient dissoudre la matière grasse colorante latente dans les centres; l'intensité de la couleur augmente simplement alors dans certains cas, tandis que dans d'autres la couleur ancienne est remplacée et chassée au dehors par la nouvelle qui se répand et la force à s'extravaser partout sous forme de poussière extérieure. Une tempéra-

ture légèrement élevée facilite ces actions chimiques, l'hiver les ralentit, de grands froids les arrêtent presque complétement. La lumière semble diriger, pour ainsi dire, le dépôt coloré vers les faces qui lui sont le plus exposées.

Une plume se colore ainsi plus ou moins vite, mais toujours de la périphérie au centre, puisque ce sont ces parties extrêmes de la nouvelle plume qui sont les premières et les plus exposées aux influences de l'air ambiant.

L'humidité qui délite à la longue la substance corticale qu'elle a d'abord gonflée, affaiblit et détériore les bouts de toutes les plumes; ceux-ci, arrachés par frottement à chaque mouvement de l'oiseau, font petit à petit place à la coloration qui se manifeste dans d'autres plumes en dessous d'eux.

Pendant ce temps, les parties les plus basses de la plume se décolorent graduellement; non pas, comme on pourrait le croire, par le fait d'un courant ascendant de la matière colorante ; mais simplement par la chute de la plus grande partie des barbules duveteuses colorées.

Tout ceci se passe sans aucun apport de sang nouveau, sans résurrection de l'âme de la plume, et uniquement, comme je viens de le dire, sous l'influence de l'humidité à l'extérieur et de la graisse à l'intérieur.

J'ai produit et étudié sous le microscope, soit le développement de la substance corticale, soit la solution interne des différents pigments dans les barbes et les barbules.

Les conditions climatériques et l'alimentation produisent en nature des variétés, tout comme les différentes influences et les nourritures plus ou moins anormales aux-

quelles nous soumettons des oiseaux captifs font varier leur plumage.

Nous pouvons, par exemple, obtenir l'albinisme, ou par un appauvrissement du sang qui ne fournit plus aux plumes croissantes assez de matière colorante, ou par une extravasion complète de tout le pigment interne.

Cependant, quoique la solution se fasse partout de même, la coloration ne se développe pourtant pas de la même manière dans toutes les plumes.

Bogdanow [1], qui s'est occcupé de dissoudre chimiquement les pigments des plumes, a distingué en elles deux groupes d'après leurs différentes pigmentations. Il a nommé *optiques* celles qui lui fournissaient toujours un pigment brun et ne devaient leur variété de couleurs qu'à la lumière seulement, et il a appelé *ordinaires* celles qui contenaient des pigments diversement colorés.

J'ai conservé cette première division que le microscope m'a montrée naturelle ; mais une étude plus approfondie m'a forcé à établir encore deux subdivisions nouvelles, les plumes *mixtes* dépendantes des ordinaires, et les plumes *émaillées* dépendantes des optiques.

Ce sont les répartitions comparées de la substance corticale qui, jointes à la pigmentation différente, fournissent à ces plumes leurs principaux caractères distinctifs.

Dans les plumes *ordinaires* qui contiennent des pigments variés, ce sont les barbes qui possèdent la couche la plus épaisse de substance corticale. Ces barbes, en se gonflant, expulsent leurs barbules inutiles et forment au printemps comme des massues dont la coloration est la

[1] Étude sur les causes de la coloration des oiseaux, par A. Bogdanow. (*Revue zoologique*, vol. X, p. 180, 1858.)

même par transparence et à la lumière incidente. Ces premières plumes présentent assez d'éclat et de brillant mais jamais de reflets.

Chez les plumes *mixtes*, les barbules persistent, parce que la substance corticale est également répartie dans les deux axes. La coloration latente est chez elles concentrée dans les barbes surtout, et ces dernières possèdent des communications faciles avec les barbules. Ces secondes plumes contiennent, comme les ordinaires, des pigmentations variées et présentent quelquefois beaucoup d'éclat: mais jamais elles n'ont de reflets et rarement autant de brillant que les précédentes.

Pour les plumes *optiques*, c'est la barbule seule qui peut se développer. Elle se gonfle énormément en noyant très-souvent dans sa masse ses crochets latéraux pour prendre alors des formes cylindriques ou prismatiques. Elle arrive même à mesurer quelquefois au printemps un diamètre trois ou quatre fois plus grand que celui qu'elle possédait en automne. Ces plumes contiennent toujours des pigments bruns, et les cloisons séparatrices des segments surperposés qui composent toute barbule, sont chez elles beaucoup plus fortes que dans aucune autre. Ces troisièmes plumes se présentent sous toutes les formes et revêtues de toutes les couleurs du spectre, mais continuellement avec des reflets métalliques.

Dans les plumes *émaillées*, enfin, c'est de nouveau la barbe qui se développe en chassant la barbule, quoiqu'elles soient cependant des plumes optiques munies de pigments invariablement foncés. La substance corticale ne s'est pas chez elles développée en fibres, elle se montre, au contraire, en grandes cellules polygonales à noyaux fortement colorés en brun. A la face dorsale de la barbe,

les cellules, beaucoup moins colorées, sont allongées et verticales, forment comme un vernis transparent extérieur plus ou moins épais. Ces quatrièmes plumes comportent quelques plumes vertes, et surtout toutes les plumes bleues sans reflets métalliques.

L'observation de ces quatre divisions nous permet d'établir les lois générales suivantes :

1° *De deux axes successifs l'un se développe toujours aux dépens de l'autre.*

2° *Pour les plumes ordinaires proprement dites, l'axe secondaire prédomine sur le tertiaire.*

3° *Dans les plumes optiques proprement dites, c'est par contre l'axe tertiaire qui prédomine sur le secondaire.*

A. *Les plumes mixtes présentent un état moyen.*

B. *Les plumes émaillées sont optiques par leur pigmentation et ordinaires par leur développement.*

Le caractère *mixte* se rencontre très-souvent dans une plume en même temps qu'un développement d'une autre espèce ; mais aucune plume ne peut être à la fois ordinaire et optique, pas plus qu'ordinaire et émaillée ou émaillée et optique.

L'influence de l'humidité et de la lumière sur le développement et la coloration des parties qui leur sont plus exposées, explique facilement pourquoi la face dorsale d'une plume est d'ordinaire plus colorée que sa face ventrale ou inférieure.

Outre la coloration vue par transparence et produite par divers pigments qui jouent avec la lumière le même rôle que tout autre corps coloré, je m'explique le brillant des plumes ordinaires, la coloration des plumes émaillées et les reflets métalliques chatoyants des plumes optiques par les phénomènes d'interférence suivants.

Le développement de la substance corticale, augmente le brillant en multipliant les facettes miroitantes et les éloignant en même temps. La rencontre de ces rayons, réfléchis à des distances diverses, produit un effet assez semblable à celui qu'a décrit Dove [2] pour quelques corps. Je serais tenté même d'attribuer la formation de la couleur bleue dans les plumes émaillées à un phénomène analogue à celui par lequel le savant physicien veut expliquer le brillant et les reflets chez quelques corps; à la superposition d'une couche miroitante transparente, et dans mon cas un peu colorée, sur un fond couvert de dessins foncés. Si je gratte en effet sur un point ce vernis extérieur, la barbe bleue n'apparaît plus que noir ou brune en cet endroit.

Dans les plumes optiques à reflets, une nouvelle complication vient encore s'ajouter à ces premiers effets. Elle rappelle, il est vrai, les dessins et les raies de Dove, mais semble cependant se rapprocher plutôt du phénomène des anneaux colorés. C'est une série de lignes transverses, tantôt brillantes, tantôt obscures, correspondant à la segmentation si accentuée des barbules, comme l'on peut s'en assurer en regardant une plume optique avec un faible grossissement à la lumière incidente. L'effet de chaque barbule s'ajoute à celui de la suivante, et nous voyons toujours un arrangement beaucoup plus régulier des barbules dans les plumes pourvues des reflets les plus forts.

Il ne faut pas confondre la coloration extravasée en poussière, dont j'ai parlé plus haut, avec une autre coloration déposée de même, mais depuis l'extérieur, sur les

[1] Dove Verhandlungen der Academie zu Berlin, 1855.

plumes de quelques oiseaux. Dans ce dernier cas, c'est par frottement contre des corps étrangers, végétaux ou minéraux qu'elles affectionnent, que quelques espèces se couvrent dans certaines parties d'une coloration vraiment externe et plus ou moins solide.

Il ne faut pas confondre non plus la décoloration qui s'opère sur un individu vivant avec celle qui se fait avec le temps et lentement dans nos musées. La décoloration en collection provient le plus souvent d'une saponification des graisses colorées produite à la longue par l'air et la lumière, ainsi que d'un délitement de l'épiderme et de la substance corticale produit également ou par trop de sécheresse ou surtout par trop d'humidité.

Une étude de plus en plus approfondie des plumes expliquerait peut-être, soit la distribution géographique des couleurs modifiées par des influences climatériques, soit la formation des variétés locales, soit encore les effets parallèles et souvent si curieux de la captivité sur la coloration.

NOTE SUR QUELQUES NOUVEAUX FAITS

DE

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE

PAR

M. EDMOND BOISSIER

Généralisant des observations presque toujours incomplètes, puisque nous ne connaissons encore qu'imparfaitement la plupart des flores, les botanistes, en constatant dans telle ou telle région botanique, la prédominance de certaines familles ou de certains genres, se hâtent quelquefois et prématurément de conclure que cette région est leur patrie exclusive.

Cependant de nouveaux faits viennent de temps à autre nous montrer qu'il n'y a rien d'absolu dans les lois qui ont présidé à la distribution actuelle des végétaux à la surface de notre globe; il y a quelque intérêt à enregistrer ces faits et à réunir ainsi des matériaux qui aideront peut-être plus tard à expliquer la formation des différentes flores.

On a récemment découvert, soit en Europe, soit dans l'Asie Mineure, quelques espèces particulièrement intéressantes en ce que toutes leurs congénères habitent des régions très-éloignées. La première est un *Dioscorea*. Les *Dioscorea* sont des plantes monocotylédones et dioïques à tige le plus souvent volubile et grimpante; leur racine est un tubercule utilisé comme aliment dans quelques

espèces sous le nom d'Igname. Le genre *Dioscorea* est très-nombreux dans toutes les régions tropicales de l'ancien et du nouveau monde, un petit nombre d'espèces seulement habitent les régions tempérées de l'hémisphère boréal, et je citerai parmi elles le *Dioscorea villosa* aux Etats-Unis, et au Japon le *Dioscorea batatas,* nouvellement introduit chez nous comme racine alimentaire sous le nom d'Igname du Japon. On ne connaissait jusqu'ici aucune espèce européenne de Dioscorea, lorsque, il y a quelques années, le bruit se répandit que M. Bubani, botaniste italien, en avait trouvé une aux Pyrénées; comme les détails de cette découverte ne furent publiés nulle part, on crut à quelque erreur de détermination, on pensait que ce ne pouvait être qu'un *Tamus,* genre européen de la même famille, très-distinct des Dioscorea en ce que son fruit est une baie et non une capsule, mais dont le port tout semblable peut très-bien, lorsqu'il n'est qu'en fleur, le faire confondre avec ce dernier genre. Il n'en était rien cependant; je viens de recevoir de M. Bordère, instituteur à Gèdre, dans les Hautes-Pyrénées, des échantillons de la plante en question qui, par sa racine tuberculeuse, par ses capsules membraneuses et à trois loges, fait indubitablement partie du genre Dioscorea. Le *Dioscorea Pyrenaica,* Bub., est une plante alpine qui croît dans des débris calcaires sur le versant méridional du col de Gavarnie, et ce qu'il y a de très-remarquable, c'est que par ses tiges point grimpantes, mais naines et flexueuses, elle rappelle tout à fait, quoique spécifiquement très-distincte, d'autres Dioscoreas alpins, tel que *D. nana* et *D. multinervis,* qu'il faut aller chercher dans les Andes du Chili et du Pérou et sur les montagnes du Mexique.

Un second fait curieux est la découverte, datant de quelques années aussi, d'un Pelargonium dans les montagnes de l'Orient. Le genre *Pelargonium* qui comprend les espèces de Géranium cultivées dans nos serres est caractérisé dans la famille dont il fait partie par le tube nectarifère qui descend du calice et se soude dans toute sa longueur au pédoncule; on le regardait jusqu'ici comme exclusivement indigène de l'hémisphère austral, la plupart de ses nombreuses espèces habitant le Cap de Bonne-Espérance et quelques-unes la Nouvelle-Hollande, lorsque M. Kotschy rapporta du Taurus en Cilicie une très-belle plante appartenant indubitablement à ce genre; on l'a retrouvée depuis tout le long de la même chaîne, depuis la Pamphylie jusqu'en Arménie. De même que quelques autres espèces du Cap, le *Pelargonium Endlicherianum* a les pétales inférieurs très-petits, presque avortés; les supérieurs, très-grand et d'un beau pourpre, en font une plante d'ornement d'autant plus précieuse qu'elle peut supporter nos hivers.

Je passe à la troisième espèce que j'ai à mentionner ici. Il y a déjà bien des années que le botaniste Bertero recueillit au Chili une plante parasite croissant en grande abondance sur les rameaux d'un *Adesmia,* arbrisseau appartenant à la famille des Légumineuses. M. Guillemin trouva qu'elle constituait un nouveau genre qu'il décrivit sous le nom de *Pilostyles.* Elle n'a ni racine, ni tige, ni feuilles et ne consiste qu'en une fleur campanulée de deux lignes de longueur et sessile sur l'écorce de l'Adesmia dont elle rompt l'épiderme dans son développement; elle est dioïque et on ne connaît jusqu'ici que la plante mâle; la fleur est entourée à sa base de quelques bractées, elle se compose d'un calice à quatre parties oblongues et imbri-

quées, d'une corolle à quatre pétales spathulés, imbriqués aussi et dépassant un peu le calice, enfin d'une colonne centrale, épaisse, courte, obtuse, atténuée dans sa moitié inférieure et entourée vers le milieu d'un anneau formé par trois rangs d'anthères uniloculaires au-dessus duquel s'en trouve un autre plus étroit, composé de papilles très-rapprochées. Cette colonne est pleine et formée de tissu cellulaire, mais une coupe transversale, grossie au microscope, y montre l'orifice d'un très-petit nombre de trachées isolées. La floraison achevée, la fleur tombe laissant sur l'écorce de l'Adesmia une dépression concave. Cette production bizarre de fleurs sans tige avait fait naître au premier abord l'idée assez étrange que le Pilostyles n'est qu'une monstruosité de la fleur normale de l'arbuste sur lequel il croît, mais cette opinion ne pouvait se soutenir un seul instant en présence des détails de structure et de l'insertion non axillaire de cette plante singulière, qui se classe très-naturellement dans la famille des Rhizanthées comme une miniature de ces gigantesques Rafflesia, parasites dans les îles de la Sonde, sur des racines d'autres arbustes.

Le naturaliste Pohl avait apporté aussi du Brésil une seconde espèce du même genre, croissant sur les branches d'une Bauhinia, mais depuis bien des années aucun fait nouveau n'était venu s'ajouter à l'histoire des Pilostyles, lorsque cet hiver, en examinant une collection de plantes sèches recueillies dans la région alpine des montagnes de l'Asie Mineure orientale par M. Haussknecht, je trouvai des rameaux d'un Astragale épineux, couverts à la base et autour des points d'insertion des feuilles, de petits corps globuleux et rougeâtres qui me rappelèrent de suite la plante du Chili. C'était en effet un Pilostyles

ressemblant par tous ses traits principaux au *P. Berterii*, mais spécifiquement différent par le manque de bractées, la fleur plus courte et les pièces du calice et de la corolle au nombre de cinq à six et non de quatre. Mon ami, M. le docteur J. Müller, a bien voulu faire une analyse microscopique très-détaillée de cette curieuse production, et il a trouvé d'autres différences. Ainsi, dans la plante orientale, l'anneau d'anthères uniloculaires autour de la colonne centrale est formé de deux et non de trois rangs d'anthères: cette colonne elle-même est plus courte et non rétrécie dans sa partie inférieure. C'est un fait bien singulier que les individus mâles de Pilostyles, croissant en si grande abondance sur les rameaux d'Adesmia au Chili, sur ceux d'Astragale en Orient, la plante femelle restant encore inconnue; il y a là une lacune à combler pour compléter la description de ce genre curieux. Peut-être, suivant M. Müller, la ceinture des papilles qui surmonte dans les deux espèces l'anneau des anthères représente-t-elle dans les fleurs femelles une rangée d'ovules avortés? c'est du moins ce qu'indiquerait une certaine analogie de position avec la fleur des Aroïdées.

Voilà donc une espèce orientale et alpine, le *Pilostyles Haussknechtii* qui vient compléter un genre qui n'était connu jusqu'à présent que dans l'Amérique australe, et dont toutes les espèces, chose remarquable, sont parasites sur des arbrisseaux de la famille des Légumineuses. On ne connaissait jusqu'ici ni en Europe ni en Asie Mineure aucune Rhizanthée; le *Cytinus*, autre plante parasite sur la racine des Cistes dans la région méditerranéenne, étant classé dans une famille voisine à cause de sa tige qui porte plusieurs fleurs monoïques, de ses anthères biloculaires et d'autres caractères importants.

Il m'eût été facile de grossir cette liste d'espèces disjointes, c'est-à-dire croissant dans une région botanique très-éloignée de celle où vit le reste du genre ou de la famille; mais sans aller chercher d'autres exemples peu connus de ce fait si curieux de géographie botanique, nous en connaissons qui nous étonnent moins parce que nous les avons eus de tout temps sous les yeux. N'est-il pas singulier, par exemple, de ne trouver dans les Flores de l'Europe méridionale qu'un seul Myrte, qu'un seul Laurier, tandis que tout le reste des deux familles si nombreuses auxquelles appartiennent ces arbustes, habite les contrées tropicales ou subtropicales des deux continents? Si nous réfléchissons cependant qu'à l'époque tertiaire les Myrtes et les Lauriers étaient répandus dans l'Europe centrale, nous entrevoyons une explication, nous sommes amenés, comme l'a si bien démontré M. Alph. de Candolle dans sa Géographie botanique, à admettre des espèces d'ancienneté différente, et à espérer que la connaissance toujours plus complète des Flores d'époques géologiques antérieures, nous fera peu à peu mieux comprendre la distribution actuelle des végétaux.

AFFINITÉ ET CHALEUR

PAR

M. H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE[1]

Tous les travaux, toutes les tendances de la science moderne, conduisent à l'identification des forces qui interviennent dans les phénomènes physiques et chimiques de la nature : toutes les déterminations numériques qu'on a obtenues conduisent à établir leur équivalence d'une ma-

[1] M. Louis Grandeau, qui a bien voulu nous promettre de concourir désormais à la rédaction de notre recueil, nous envoie cet article en l'accompagnant de la lettre suivante :

Paris, le 8 mars 1866.

J'ai la bonne fortune d'inaugurer ma collaboration aux *Archives* en vous envoyant un fragment important d'une leçon professée devant la Société chimique par M. H. Sainte-Claire Deville.

C'est déjà dans le recueil si justement estimé que vous dirigez qu'a paru la première étude de l'éminent chimiste sur la *dissociation*. Vos lecteurs auront, cette fois encore, la primeur du mémoire considérable dans lequel M. Deville expose ses recherches sur les curieux phénomènes découverts et si bien étudiés par lui *.

Dans cette œuvre, où tout est neuf et original, je choisis le chapitre premier, intitulé *Affinité et chaleur*, convaincu à l'avance qu'il sera lu par vos abonnés avec le plus vif intérêt. Je n'ai pas hésité un instant à substituer ce chapitre à la chronique que j'allais adresser aux *Archives*, et vos lecteurs, j'en suis certain, ne perdront pas au change. Je serais heureux de pouvoir vous envoyer souvent des pages aussi intéressantes que celles-ci.

Veuillez agréer, etc. Dr L. GRANDEAU.

* Cette leçon, qui n'a pas moins de huit feuilles d'impression, paraîtra prochainement à la librairie Hachette avec les leçons professées la même année devant la société chimique par MM. de Luynes, Berthelot et DesCloizeaux.

nière rigoureuse. L'affinité et la cohésion ne peuvent échapper à cette identification, et déjà la théorie mécanique les englobe dans un cercle de raisonnements qui doivent faire disparaître bientôt ce qu'elles présentent encore de vague et de mystérieux.

Il ne faut pas se dissimuler que l'étude des causes premières, dans les phénomènes que nous observons et que nous mesurons, présente en elle un danger sérieux. En l'absence de toute définition précise et indépendante des faits particuliers, la considération de causes premières nous amène, bien plus souvent que nous ne le pensons, à commettre de véritables pétitions de principes, et à nous contenter d'explications spécieuses qui ne peuvent résister à une critique sévère. L'affinité principalement, définie comme la *force* qui préside aux combinaisons chimiques, a été pendant longtemps et est encore une cause occulte, une sorte d'archée à laquelle on rapporte tous les faits incompris, qu'on considère dès lors comme expliqués, tandis qu'ils ne sont que classés, et souvent mal classés. De même on attribue à la force catalytique[1] une multitude de phénomènes fort obscurs, et qui, selon moi, le deviennent davantage, si on les rapporte en bloc à une cause entièrement inconnue. Certainement on a cru les ranger dans une même catégorie quand on leur a donné le même nom. Mais la légitimité de cette classification n'a même pas été démontrée. Qu'y a-t-il en effet de plus arbitraire, que de placer les uns à côté des autres les phéno-

[1] Tout ceci est applicable aux forces inventées récemment, force de diffusion, force de dissolution, force cristallogénique, toutes les forces particulières attractives et répulsives qu'on fait intervenir pour expliquer les phénomènes de caléfaction, de surfusion, les phénomènes électriques, etc.

mènes catalytiques qui dépendent de l'action ou de la *présence* de la mousse de platine ou de l'acide sulfurique concentré, quand le platine ou l'acide ne sont pas, pour ainsi dire, parties prenantes dans l'opération ? Ces phénomènes seront peut-être expliqués plus tard d'une manière essentiellement différente, suivant qu'ils auront été produits sous l'influence d'une matière éminemment poreuse, comme la mousse de platine, ou sous l'influence d'un agent chimique très-énergique, comme l'acide sulfurique concentré.

Il faut donc laisser de côté dans nos études toutes ces forces inconnues auxquelles on n'a recours que parce qu'on n'en a pas mesuré les effets. Au contraire, toute notre attention doit être fixée sur l'observation et la détermination numérique de ces effets, lesquels sont seuls à notre portée. On établit, par ce travail, leurs différences et leurs analogies, et une lumière nouvelle résulte de ces comparaisons et de ces mesures.

Ainsi la chaleur et l'affinité sont constamment en présence dans nos théories chimiques. L'affinité nous échappe entièrement; nous lui attribuons cependant la combinaison qui serait l'effet de cette cause inconnue. Etudions donc simplement les circonstances *physiques* qui accompagnent la combinaison, et nous verrons combien de rapprochements curieux, combien de phénomènes mesurables s'offrent à nous à chaque instant ! La chaleur détruit, dit-on, l'affinité : étudions avec persistance la décomposition des corps sous l'influence de la chaleur estimée en quantité ou travail, en température ou force vive ; nous verrons tout de suite combien cette étude est fructueuse et indépendante de toute hypothèse, de toute force inconnue. inconnue même au point de vue de l'espèce d'unité à

laquelle il faut rapporter sa mesure exacte ou approchée. C'est en ce sens surtout que l'affinité, considérée comme *force*, est une cause occulte, à moins qu'elle ne soit simplement l'expression d'une *qualité* de la matière : dans ce cas, elle doit servir uniquement à désigner le fait que telles ou telles substances peuvent ou ne peuvent pas se combiner dans telles ou telles circonstances bien définies.

Il n'y a donc qu'une chose bien urgente : c'est de définir la combinaison elle-même. Si je cherche avec attention l'état de nos connaissances à cet égard, je trouve d'abord que la définition de la *combinaison* doit comprendre la *dissolution*, et ne doit exclure que le mélange. En effet, les phénomènes de dissolution et de combinaison sont liés par une chaîne continue qu'il est impossible de rompre en un seul point. Tout le monde sait que des discussions interminables se sont élevées sur cette question, par exemple à propos des alliages métalliques et de leur liquation ; à propos des sels, des acides, des bases énergiques et de leur action sur l'eau, l'alcool, etc. La conclusion la plus sûre qu'on en puisse tirer, c'est qu'il y a tous les intermédiaires possibles entre les phénomènes de combinaison et les phénomènes de dissolution les mieux caractérisés.

En essayant de formuler le plus nettement possible les idées aujourd'hui en cours sur la combinaison, je trouve qu'on ne peut mieux la définir que par le fait du *changement d'état*. Quand deux corps mis en présence changent d'état, c'est qu'ils se combinent. Ce changement d'état défini à la manière ordinaire se manifeste par une propriété nouvelle quelconque, soit physique, soit chimique, qui décèle des qualités nouvelles de la matière

combinée, qualités soit physiques soit chimiques distinguant la combinaison du simple mélange. Je vais en donner un exemple.

On s'est demandé si l'air est un mélange ou une combinaison. Comment a-t-on résolu la question? On a étudié successivement toutes les propriétés physiques et chimiques des éléments de l'air, oxygène et azote, et de l'air lui-même. On les a trouvées en tout identiques, toujours égales, pour l'air, à la moyenne de ces propriétés déterminées sur chaque élément en particulier. On en a conclu que l'azote et l'oxygène, en arrivant au contact dans les circonstances atmosphériques ordinaires, n'exercent entre eux aucune action sensible : que par suite l'état du gaz ne subit aucun changement : enfin, qu'on a dans l'air un mélange et non une combinaison d'azote et d'oxygène.

Remarquez qu'on a eu recours successivement à toutes les propriétés physiques de l'air et de ses éléments pour résoudre une question aussi importante. On a été, ainsi que l'a fait Biot, jusqu'à invoquer l'égalité des indices de réfraction de l'air, et de la moyenne des indices de l'oxygène et de l'azote, comme une preuve en faveur de l'opinion universellement admise aujourd'hui. Si, en effet, on avait trouvé d'une manière constante une propriété physique mesurable et différente dans l'air et dans un mélange d'oxygène et d'azote, on aurait conclu immédiatement que l'air est une combinaison. Il y aurait eu changement d'état à la suite du mélange des deux gaz, et la belle vérification de Lavoisier aurait été infirmée d'une manière irréfutable. L'argument tiré des proportions des deux gaz oxygène et azote, qui ne sont pas en rapports atomiques dans l'air, est sans valeur. L'un des deux éléments aurait pu se trouver simplement en excès par rap-

port à une combinaison des deux autres. On aurait eu en même temps mélange et combinaison, et par suite changement d'état pour une portion de l'air seulement, ce qui n'est pas.

La combinaison étant caractérisée par le changement d'état, se trouvant par conséquent bien définie, qu'est pour nous cette forme particulière de la combinaison, qui mérite plus spécialement le nom de dissolution ? Je dis spécialement, car il nous serait impossible de dire aujourd'hui si l'eau et l'acide sulfurique, l'acide acétique, le chlorure de calcium et tant d'autres corps se combinent entre eux ou se dissolvent. Mais il y a une différence capitale entre *les effets* produits lorsqu'on verse de la potasse dans de l'acide sulfurique et *les effets* observés quand on met du sel marin au contact de l'eau.

Dans les deux cas, le changement d'état est manifeste. Mais quand on a obtenu du sulfate de potasse après la *combinaison* de l'acide sulfurique et de la potasse, des propriétés chimiques nouvelles ont apparu avec une évidence frappante. C'est en effet par ces propriétés chimiques que le changement d'état est le plus clairement manifesté lors de la combinaison énergique. En second lieu, quand on opère la *dissolution* du sel marin dans l'eau, les propriétés chimiques des éléments mis en présence restant sensiblement invariables, on remarque d'abord une véritable fusion du sel qui prend l'état liquide : changement d'état physique accompagné le plus souvent d'absorption de chaleur latente ; ensuite variation de la densité ou phénomène de contraction [1], altération du volume des éléments, qui est encore un changement de propriétés

[1] La *contraction* est ici un terme générique : si elle est négative, c'est une *dilatation*.

physiques qui caractérise essentiellement la véritable *dissolution*.

Il ne faudrait pas néanmoins donner à ces différences dans les propriétés chimiques pour une combinaison, dans les propriétés physiques pour une dissolution, une valeur exclusive. Nous savons tous, d'après les belles expériences d'Henri Rose, que des dissolutions très-étendues de carbonates alcalins, de borax, ont des réactions chimiques essentiellement différentes de celles que possèdent leur dissolution concentrées. Cette remarque suffit dès maintenant pour faire voir une fois de plus que les phénomènes dus à des changements d'état ne peuvent être rangés en deux catégories distinctes : la combinaison et la dissolution. J'y reviendrai un peu plus loin, à propos de la diffusion ou de l'extension indéfinie de la matière dans les menstrues.

Ce que je viens de dire me permet d'employer les deux mots combinaison et dissolution dans un sens parfaitement défini, sans risquer de les considérer comme exprimant une cause inconnue, et en les caractérisant seulement par les effets qui se manifestent dans nos opérations chimiques journalières. J'espère donc être logique dans les raisonnements qui vont suivre.

Quand on mélange deux gaz qui se répandent uniformément l'un dans l'autre, peut-on comparer le phénomène de ce qu'on appelle leur *diffusion* à la dissolution de deux liquides l'un dans l'autre? Je ne le crois pas.

Je suppose qu'on mette en présence du sulfure de carbone et du phosphore blanc à une température convenable pour que le phosphore soit fondu ; de l'huile et de l'éther sulfurique ; du chlorure de calcium dissous, de l'acide acétique, etc., et de l'eau, on pourra obtenir des

changements d'état physique très-notables, caractérisés principalement par une élévation ou un abaissement de température, et par un changement de densité; en un mot, les propriétés physiques de ces *dissolutions* pourront varier sensiblement sans que les propriétés chimiques soient sensiblement modifiées.

En est-il de même dans les gaz? L'expérience nous apprend d'abord que les gaz se combinent souvent sans absorption ou dégagement apparents de chaleur (oxyde de carbone et chlore, chlore et hydrogène dans la lumière diffuse, etc.). Mais toutes les fois que ce dégagement de chaleur peut être constaté, les propriétés chimiques des deux gaz mélangés ont été profondément modifiées. En outre, la loi de Gay-Lussac nous prouve que les gaz qui se contractent en se combinant ne changent pas de volume de la même maniere que les liquides qui se dissolvent. Le volume de la combinaison est toujours une fraction simple et souvent très-petite du volume des éléments de cette combinaison. Aussi la contraction, quand elle existe, non-seulement caractérise la combinaison des gaz, mais permet d'en déduire immédiatement la composition.

Rien de pareil ne se remarque dans la dissolution des liquides, où les contractions ne suivent aucune loi simple et ne peuvent faire prévoir aucun changement dans les propriétés chimiques des éléments qui se pénètrent par dissolution. En outre, les phénomènes de chaleur qui peuvent se manifester au moment où les liquides se pénètrent n'impliquent pas d'une manière essentielle le changement de leur propriétés chimiques.

En remarquant que les propriétés chimiques et les propriétés physiques des corps ne peuvent pas être séparées d'une manière plus absolue que les phénomènes de

combinaison ou de dissolution, on conclut premièrement que la diffusion des gaz est essentiellement différente de la dissolution des liquides, et d'accord en cela avec le plus grand nombre, que toutes les fois que du mélange de deux gaz il résulte un phénomène calorifique, il y a changement d'état et par suite combinaison.

Dans le contact des liquides et des solides, qui se dissolvent mutuellement, les phénomènes sont bien plus compliqués et méritent une analyse spéciale.

Pour aborder cette question par l'expérience, il faut connaître un grand nombre de propriétés physiques des corps, et par suite les déterminer toutes les fois qu'elles sont inconnues. Il faut donc écarter dès l'abord dans cette étude toutes les complications qui apporteraient du trouble dans le calcul des effets observés, par exemple, la chaleur latente de fusion des solides. C'est pour cela que mes recherches se sont bornées jusqu'ici à la détermination des phénomènes calorifiques qui se manifestent au contact des corps liquides qui se combinent ou se dissolvent en produisant un liquide.

En général, deux corps qui se dissolvent se contractent. Je commencerai d'abord par définir ce que j'appelle la chaleur de contraction, soit dans le cas particulier des liquides, soit dans le cas général.

Je suppose que vous preniez un corps dont le poids est l'unité, vous pouvez, connaissant la loi de sa dilatation en fonction de la température, calculer la température à laquelle cette eau perdra une fraction quelconque de son volume, et si vous connaissez la chaleur spécifique de ce corps entre les limites de l'expérience, vous pouvez calculer la chaleur de contraction correspondant à cette diminution de volume. Par conséquent, vous pouvez dé-

terminer la quantité de chaleur nécessaire pour obtenir une variation donnée de la densité. Ce sera la chaleur de contraction.

Prenons de l'eau et de l'acide sulfurique à 0 degré, superposés dans un ballon sphérique surmonté d'un col étroit parfaitement cylindrique, en supposant que les deux surfaces de contact soient séparées par un obstacle facile à briser, une toile d'araignée, par exemple, et que le vase athermane ne soit en outre susceptible ni de s'échauffer ni de se refroidir, en d'autres termes que sa chaleur spécifique soit nulle.

Le niveau des deux liquides arrive en A, on les mélange en un temps infiniment court et d'une manière parfaite. Aussitôt de la chaleur se manifeste et prend d'une manière instantanée, une valeur maximum et donnée par un thermomètre de poids négligeable, placé dans l'intérieur du liquide : et cette température sera t degrés.

A l'instant même, la température étant supposée égale et invariable, le liquide baissera dans le col étroit du ballon et descendra jusqu'au niveau B. Enfin, en refroidissant l'acide jusqu'à sa température primitive de 0 degré, son volume diminuera encore jusqu'à ce que la surface arrive à affleurer le point C. Le volume de l'espace cylindrique AC, divisé par le volume primitif des éléments, eau et acide que j'appellerai V, représentera la contraction. En appelant v le volume de l'acide après le mélange, on aura pour cette contraction la valeur [1].

$$1 - \frac{v}{V}.$$

Ce que j'appelle la chaleur de contraction sera la

[1] S étant la section du cylindre on a $V - v = AC \times S$.

quantité de chaleur nécessaire pour ramener le volume du mélange v au volume V. Si on connaît le coefficient de dilatation k du liquide depuis 0 degré jusqu'à une température un peu supérieure à θ, la chaleur spécifique c du liquide supposée constante entre les mêmes températures, et m son poids, on aura pour la chaleur de contraction Q la valeur

$$\left(\frac{V}{v} - 1\right)\frac{m}{k} = Q,$$

la température θ, à laquelle le mélange reprend son volume primitif étant

$$\left(\frac{V}{v} - 1\right)\frac{1}{k} = \theta.$$

J'ai déterminé par des procédés que je ne puis décrire ici, les chaleurs de contraction d'un grand nombre de liquides, résultant de la combinaison ou de la dissolution de deux éléments également liquides, tels que l'acide sulfurique et l'eau en proportions atomiques très-variables, l'acide sulfurique et la soude diversement étendue, l'eau et l'alcool, l'eau et l'acide acétique, l'eau et l'acide formique, en faisant varier les proportions, toujours atomiques, d'un grand nombre de manières. Voici le résultat de mes expériences [1] :

1° Lorsque deux liquides se combinent ou se dissolvent pour donner un produit également liquide, la température maximum résultant du mélange est généralement plus petite que la température θ, que pourrait donner la contraction si le liquide dégageait toute la chaleur correspondant à cette contraction.

[1] Voyez *Comptes rendus*, t. L, p. 354 et 584. — *Archives*, 1860, t. VIII, p. 60, et t. IX, p. 267.

2° Par suite, la quantité de chaleur dégagée dans ces sortes de combinaisons ou dissolutions est toujours plus petite que la chaleur de contraction.

On en conclut que dans tous les cas que je viens de citer, le seul phénomène de la contraction suffit et au delà pour expliquer le développement de la chaleur dans ces combinaisons chimiques. Par conséquent, une partie de la chaleur que dégage la contraction devient latente dans le nouveau composé pour y jouer un rôle important que j'indiquerai plus tard [1].

Cette quantité de chaleur latente ou perdue pour le thermomètre peut s'exprimer par une fraction très-

[1] La chaleur absorbée a servi à faire passer le liquide du volume primitif correspondant au niveau A et à la température θ au volume correspondant au niveau B et à la température t : elle est accusée par la différence des températures $\theta - t$. Le liquide primitif a donc été refoulé en lui-même par suite de la combinaison. Si on connaissait son coefficient de compressibilité entre θ et t, sa chaleur spécifique C entre ces températures, sa masse étant m, on pourrait calculer le poids P dont il faudrait charger le liquide en A pour le faire descendre, en le comprimant, jusqu'au niveau B. Le nombre de kilogrammètres, obtenus en multipliant ce poids par la distance AB, correspondrait au travail d'une quantité de chaleur égale à $(\theta - t)\, m\, C$, et permettrait d'obtenir l'équivalent mécanique par un procédé chimique qui me paraît mériter quelque attention. Pour que ces déterminations fussent rigoureuses, il faudrait connaître non-seulement la variation de la chaleur spécifique C entre θ et t, ce qui se détermine par les procédés ordinaires, mais encore cette variation pour des pressions comprises entre $1^k,033$ (si on opère en vases ouverts) et $\frac{P}{S}$, S étant la section du cylindre AB. On concevrait que cette seconde variation pût être déterminée en observant la vitesse de refroidissement de liquides placés dans des tubes thermométriques fermés successivement à la pression ordinaire et à la pression $\frac{P}{S}$.

Dans ces conditions on obtiendrait l'équivalent mécanique en remplaçant la compression des gaz par la compression des liquides : seulement l'agent mécanique serait remplacé par une action chimique.

simple de la chaleur de contraction, si on veut bien admettre que la chaleur spécifique du liquide est invariable entre les températures 0 et θ, ce qui n'est jamais vrai, à moins que θ ne soit très-petit. Dans cette hypothèse elle devient :

$$1 - \frac{t}{\theta} = \pi.$$

Quand on considère un même liquide, on peut, à cause des erreurs introduites par des déterminations délicates et nombreuses, supposer les températures comme sensiblement proportionnelles aux forces vives ou au carré des vitesses dans les molécules dont le mouvement produit la chaleur. Le nombre π représente alors la fraction de cette force vive qui n'a pas été dépensée au moment de la combinaison ou de la dissolution. C'est, si l'on veut, la fraction de la chaleur de contraction restée latente dans le produit de la réaction, et π est positif.

Je n'ai trouvé dans mes expériences terminées qu'une seule exception à cette règle, c'est lors de la formation du sulfate de soude, au moyen de deux dissolutions, l'une d'acide sulfurique, l'autre de soude caustique, toutes les deux étendues. Le sulfate de soude se dilate au moment de sa formation, et t est plus grand que θ, de sorte que π devient négatif, ce qui est assez délicat à interpréter. Mais l'étude des phénomènes de la saturation dans ces dissolutions me permettra, j'espère, d'expliquer ce phénomène anormal, comme la contraction de l'eau par la chaleur ou la dilatation du bismuth au moment de sa solidification, etc. [1].

[1] Depuis que j'ai écrit ces lignes, M. J. Regnauld a fait sur ce sujet des observations qui l'amènent à un système d'explications bien supérieur au mien. (*Journal de Pharmacie*, 4me série, t. I, p. 401.)

Pour l'acide acétique monohydraté qu'on mélange avec l'eau aussi bien que pour les dissolutions salines, la contraction est considérable et le refroidissement de la combinaison ou dissolution très-notable, comme l'avait observé déjà Rudberg, si je ne me trompe. Alors t devient négatif et π plus grand que l'unité. Ainsi au moment de la réaction, le produit rend latente d'abord toute la chaleur de contraction qui est très-forte, et de la chaleur sensible empruntée à elle-même et aux corps voisins. Dans ces derniers temps, MM. Bussy et Buignet ont observé le même fait et d'autres du même genre, en particulier dans le mélange de l'acide cyanhydrique et de l'eau.

Il est très-probable que les considérations qui précèdent s'appliqueraient aux corps solides, si on connaissait leur chaleur latente de fusion, pour calculer les formules qui donnent la chaleur de contraction.

Lorsqu'un corps solide se dissout dans l'eau, il absorbe d'abord la quantité de chaleur nécessaire pour se fondre, puis une certaine quantité de chaleur qui va en croissant avec la proportion du dissolvant, et qui correspond à l'extension du corps dissous dans son menstrue. Ces faits d'une grande importance ont été déterminés de la manière la plus rigoureuse par M. Person, et déduits de ses observations faites en particulier sur le nitrate de potasse. Il faut ajouter à ces calories dépensées dans le travail de la dissolution la chaleur de contraction absorbée et déterminée par les méthodes que je viens de décrire.

Ainsi, plus une matière soluble est étendue dans son dissolvant, plus elle a absorbé de chaleur, qu'elle a empruntée soit à la contraction qui paraît indéfinie dans l'acte

de la dissolution, soit aux corps voisins quand il y a refroidissement pendant la dissolution et l'extension. Aussi, quoique j'emploie ici une expression paradoxale dans la forme, peut-on affirmer que tout corps qui se refroidit pendant qu'il se modifie moléculairement, s'échauffe réellement en empruntant de la chaleur aux corps qui l'avoisinent et à lui-même d'abord. La chaleur latente qu'il possède s'augmente de toute la quantité de chaleur disparue, soit par le fait du refroidissement spontané, soit par la diminution de la chaleur de contraction. En réalité, c'est autant de chaleur disparue. et par conséquent transformée en mouvement des molécules, ou si l'on veut en affinité, si on appelle ainsi la force qui engendre ce mouvement.

Toute cette chaleur anéantie en apparence, se retrouvera tout entière lorsqu'on fera subir à la dissolution le phénomène inverse de l'extension, c'est-à-dire la concentration. Par conséquent, dans le cycle comprenant la dissolution d'un sel à la température ordinaire et sa cristallisation par évaporation spontanée (on suppose le sel anhydre comme le nitrate de potasse), toutes les quantités de chaleur empruntées à l'extérieur et à la contraction pendant la période de la dissolution et de l'extension, reparaîtront et seront rendues à l'extérieur pendant la concentration et la cristallisation. On pourra donc dire que ces dissolutions contiennent (et ce ne sera vrai qu'en puissance) toute la chaleur que l'eau et le sel ont absorbée pendant le développement du phénomène.

Ainsi un corps qui se refroidit spontanément s'échauffe en réalité de toute la chaleur latente que fixent ses molécules, et l'on peut concevoir qu'à l'état d'extension presque indéfinie, il puisse même être décomposé par la

chaleur qu'il a absorbée à chaque addition du dissolvant. C'est ainsi qu'il faut expliquer les décompositions par diffusion produites par M. Graham, et qui servent de base à son admirable système de dialyse.

Que vous mettiez du bisulfate de potasse dans le vase intérieur à diffusion (deux vases cylindriques et concentriques, premier appareil de M. Graham), vous savez que l'illustre physicien vous montre l'acide sulfurique se séparant du sulfate neutre de potasse pour passer le premier dans le vase extérieur.

C'est là une véritable décomposition qui comporte nécessairement l'absorption d'une certaine quantité de chaleur. Voyons à quoi il faut l'attribuer. Si vous ajoutez de l'acide sulfurique à du sulfate de potasse, le tout en dissolution étendue, le mélange s'échauffera, mais la quantité de chaleur ainsi produite sera toujours plus faible que la chaleur de contractiou calculée comme j'ai montré à le faire. En réalité, il y aura transformation de la chaleur qui aurait dû devenir sensible pendant la contraction, en chaleur latente, et quand celle-ci sera devenue assez considérable, la décomposition par diffusion aura lieu.

Pour que l'effet inverse de l'effet primitif se produise, il faudra que la combinaison qu'on défait reprenne la quantité de chaleur devenue sensible au moment où on l'a effectuée. C'est la chaleur latente emmagasinée pendant la dissolution qui la fournit : mais elle est insuffisante pour que cet effet se produise en entier, aussi le phénomène n'est-il que partiel, comme l'a vu très-nettement M. Graham.

Les phénomènes de décomposition par diffusion se font donc d'une manière continue comme la décompo-

sition des gaz par la chaleur, et tout ce que je vais dire de la dissociation et de sa tension (qu'on remplacera ici par des rapports de poids) leur est absolument applicable.

Que la diffusion se fasse dans deux vases concentriques, comme je le suppose, ou dans le nouvel appareil à membrane de M. Graham, les choses se passeront de la même manière.

Je suppose un corps très-peu stable comme le chlorhydrate d'alumine, corps que la moindre chaleur réduit à ses éléments, et qu'on l'introduise dans le dialyseur au-dessus de la membrane ou du papier parchemin qui sert de filtre à mailles très-serrées. Au-dessous de ce filtre se trouve de l'eau que je supposerai constamment pure.

Le chlorhydrate d'alumine absorbe d'autant plus de chaleur qu'on le dissout dans une plus grande quantité d'eau, de sorte qu'à un certain moment on peut supposer qu'il en contienne assez pour que si cette chaleur devenait sensible et était appliquée à ses éléments, ils se séparassent immédiatement. A ce moment, l'acide chlorhydrique devient libre et l'alumine hydratée s'en sépare en particules extrêmement déliées qui occupent tout le liquide dans lequel se fait la séparation. Aussi doit-elle avoir toutes les propriétés d'un corps dissous. On verra tout à l'heure que ces propriétés ne sont qu'apparentes.

C'est là ce qui se passe dans le dialyseur : aussi l'acide chloryhdrique passe-t-il à travers le filtre, et l'alumine reste à la surface à l'état de dissolution apparente ou à l'état colloïdal, pour me servir de l'expression que M. Graham a adoptée.

Cette réaction ne se fait pas cependant tout à fait ainsi dans la pratique.

Nous pouvons supposer la membrane perméable di-

visée en deux tranches horizontales, l'une, la tranche supérieure où pénètre le chlorhydrate d'alumine, celle-ci est peu épaisse, l'autre, la tranche inférieure où l'eau pénètre seule. Il est clair que dans un appareil de ce genre la solution de chlorhydrate d'alumine trouvera très-vite une tranche assez rapprochée de la surface où l'eau qui se renouvelle avec rapidité sera en proportion considérable par rapport au chlorhydrate. Alors dans cette tranche s'effectuera la décomposition du sel, par diffusion indéfinie (conséquemment par l'effet de la chaleur) ; l'alumine hydratée restera à l'état de particules colloïdales à la surface supérieure et l'acide chlorhydrique sera entraîné par l'eau. La couche colloïdale ainsi produite deviendra elle-même un vrai filtre, et les phénomènes de décomposition pourront se continuer dans son intérieur.

Cependant la décomposition par diffusion ne peut être complète, car elle varie suivant le rapport de la quantité d'eau mise en contact avec le chlorhydrate d'alumine à la quantité d'acide chlorhydrique que cette eau contient. En d'autres termes, la quantité d'alumine séparée par l'eau au moyen de la diffusion sera d'autant plus petite que cette eau sera chargée de plus d'acide chlorhydrique (cet acide devant provenir d'une portion de chlorhydrate déjà décomposé). Tout se passe comme si la chaleur nécessaire pour décomposer entièrement le chlorhydrate d'alumine ne pouvait jamais être entièrement égale à celle que l'extension fournit à ses molécules dans les limites de nos expériences.

Aussi le phénomène de la dialyse ne se complète jamais : il passe toujours un peu de chlorhydrate d'alumine au travers de la membrane, et les colloïdes ne peuvent être séparées d'une manière absolue au moyen de la diffusion.

Ce principe a des applications bien nombreuses. Si on admet que généralement toutes les dissolutions qu'on étend se refroidissent, comme cela est démontré par un très-grand nombre d'expériences, si l'on admet en outre, comme mes expériences sur la chaleur de contraction semblent le démontrer, que dans tout changement d'état concomitant avec la dissolution, il y a perte de force vive, et par conséquent concentration de la chaleur latente dans les matières dissoutes et dans leurs menstrues, on peut comprendre un grand nombre de phénomènes dont l'explication nous échappait, et les faire rentrer dans la classe des phénomènes connus.

Ainsi la sève des arbres est pour ainsi dire de l'eau pure au moment oú elle se meut et contribue à l'accroissement du végétal. C'est une dissolution tellement étendue d'acide carbonique et de matières organiques ou minérales puisées dans la graine ou dans le sol, qu'on peut y considérer toutes les molécules comme absolument libres ou séparées par la chaleur latente qui s'y est accumulée. Quand cette dissolution arrive dans le parenchyme des feuilles où s'effectuent en même temps sa concentration et ses modifications au contact des éléments de l'air, on peut dire que tous les équilibres moléculaires y sont successivement possibles ; et si la circulation les enlève à la concentration ou à la combinaison à un moment donné, tous les éléments de l'acide carbonique, de l'eau et des principes minéraux que la sève contient peuvent se grouper suivant une formule déterminée à l'avance par la vitesse de la circulation, la nature des feuilles et les circonstances physiques nécessaires à la vie du végétal. C'est très-probablement ainsi qu'on se rendra compte de la diversité que l'acte de la végétation imprime à la nature

des produits qu'elle forme avec les éléments de l'eau, de l'acide carbonique, de l'ammoniaque et de quelques matières minérales.

C'est aussi dans la chaleur emmagasinée par la dissolution qu'il faut chercher l'élément principal de la décomposition dans les végétaux de l'acide carbonique en carbone et oxygène, phénomène sur lequel il faut reconnaître d'ailleurs notre ignorance complète.

Une expérience des plus remarquables, celle que M. Berthelot a réalisée en mettant au contact de l'oxyde de carbone de l'eau et de la potasse, rentre dans des actions de ce genre.

L'oxyde de carbone se dissout dans la potasse et absorbe pendant son extension[1] dans le liquide un certain nombre de calories outre ce que la perte de force vive par contraction lui permet sans doute d'en conserver au moment de sa liquéfaction. Cette dissolution effectuée en très-petite quantité à la fois, à cause de la faible solubilité du gaz, est en réalité une extension considérable qui donne, grâce à la dissociation par diffusion, aux molécules de l'oxyde de carbone la chaleur nécessaire pour entrer en combinaison directe avec les éléments de la potasse. C'est dans cette réaction (elle s'opère, d'ailleurs, avec la lenteur qui caractérise toutes les opérations où la dissolution est nécessaire, quand la solubilité est faible) que se fixe la chaleur dont a besoin l'acide formiquepour exister. C'est l'origine de cette chaleur latente prise au milieu d'une dissolution par une combinaison effectuée

[1] Un poids donné d'oxyde de carbone a une densité bien moins grande dans sa solution aqueuse que dans l'atmosphère formée par le gaz lui-même à la surface du dissolvant.

entre des corps à l'état *naissant*, et qui se dégagera sous forme de chaleur sensible lorsqu'on décomposera l'acide formique par la mousse de platine, comme l'a fait M. Berthelot, ou qu'on brûlera l'acide formique comme l'ont fait depuis longtemps MM. Favre et Silbermann.

La combinaison se produit presque toujours par la destruction d'un mouvement, quelquefois par la transformation de la chaleur en mouvement. Dans le premier cas il y a dégagement de chaleur, dans le second cas il y a refroidissement ou absorption de chaleur. C'est dans le second cas que se rangent tous les corps que j'ai proposé d'appeler explosifs, c'est-à-dire, qui rendent en chaleur sensible le mouvement qu'ils ont acquis en absorbant de la chaleur latente. L'acide formique, un grand nombre de composés organiques, tout aussi bien que les composés explosifs de l'azote sont dans le dernier cas, et ceux-ci se produisent rarement par l'union directe des éléments, mais sont obtenus par échange de leurs éléments au sein de dissolutions plus ou moins étendues. C'est alors qu'on prétend que les molécules se trouvent en contact à l'état naissant. Qu'on y fasse bien attention, ce terme renferme encore l'idée d'une cause occulte. Il faut l'employer avec une extrême réserve et bien faire comprendre que par l'état naissant on entend un système de circonstances dans lesquelles les molécules peuvent changer leur état d'équilibre en trouvant tout autour d'eux la chaleur latente ou en général les causes de mouvement nécessaires pour produire et exciter ce changement d'état. L'origine de l'expression qui rend cette idée implique une hypothèse d'où l'on peut faire naître, avec la plus grande facilité, un cercle vicieux dans l'esprit des jeunes chimistes ou des personnes qui n'ont pas mûrement réfléchi à ces

définitions. On conçoit par les explications que je viens de donner qu'une dissolution plus ou moins étendue renferme en réalité une certaine quantité de chaleur latente provenant soit des gains par contraction, soit du refroidissement par extension. Par conséquent, c'est dans les dissolutions que devront s'opérer la plupart des combinaisons dues à l'état naissant, principalement celles qui s'opèrent avec refroidissement, celles qui donneront des corps explosifs[1].

On verra facilement, après tout ce qui a été développé dans ce chapitre, combien sont grandes par leur origine les différences entre les effets calorifiques produits au moment de la combinaison des gaz entre eux, et les effets calorifiques développés par la combinaison ou la dissolution des matières liquides entre elles. Ici la chaleur de contraction a presque toujours suffi et au delà pour rendre compte de tout. Quant aux gaz, cette chaleur de contraction, qu'on peut calculer par les formules données plus haut, est presque toujours très-petite par rapport à la chaleur dégagée pendant la combinaison : elle peut même être nulle comme dans le cas de l'hydrogène et du chlore, et en général toutes les fois que les gaz se combinent à volumes égaux, et par suite sans condensation. Aussi faut-il admettre que les gaz contiennent, en eux-mêmes et à l'état latent, le principe du mouvement ou de la chaleur qui se manifeste au moment de la combinaison. Lavoisier considérait l'oxygène comme composé d'un certain radical inconnu et de ce principe qu'il matérialisait sous

[1] J'appelle explosifs en général ceux qui, au moment de leur décomposition, contiendront plus de chaleur que les principes dans lesquels ils se réduisent n'en exigent pour se constituer à l'état de corps simples.

le nom de calorique. C'est ce point de vue que je vais développer dans le chapitre suivant.

Dans les combinaisons directes le mouvement se détruit et se transforme en chaleur : comme on ne peut communiquer à un corps une vitesse finie que dans un temps fini, de même la combinaison exigera toujours pour se produire un temps plus ou moins grand, mais toujours fini.

Les phénomènes de combinaison indirecte ou produite par l'état naissant exigeant : 1° une dissolution ; 2° une absorption de chaleur ou refroidissement, le temps nécessaire à leur développement sera d'autant plus grand 1° que la solubilité des matières réagissantes dans leurs menstrues sera plus petite; 2° que l'absorption de chaleur sera plus grande.

L'action du temps ne doit en effet rien avoir de mystérieux : il faut toujours qu'on l'explique simplement ou qu'on attende des faits pour permettre de s'en rendre compte.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

GÉOLOGIE.

Des éruptions volcaniques de l'ile de Santorin.

Le volcan de l'île de Santorin, dont l'activité ne se manifeste qu'à de longs intervalles, vient de montrer récemment qu'il n'était pas éteint. Voici un résumé de son histoire[1].

L'île de Santorin, l'ancienne Théra, nommée aussi Kalliste (la Belle), ou Strongyle (Ronde) est, d'après Pline, sortie des eaux. Les îles de Thérasia et d'Aspronisi présentent avec elle la forme d'un cône tronqué, dont le centre ou cratère est occupé par la mer et forme une rade ayant un peu moins de trois lieues de longueur et un peu moins de deux lieues de largeur. Ces trois îles volcaniques ont la même constitution géologique.

Thérasia a été séparée de Santorin, par de violents tremblements de terre 235 ans avant l'ère chrétienne. L'histoire ne donne aucun renseignement sur Aspronisi ou l'île Blanche, l'ancienne Automaté.

Dans la rade dont nous avons parlé, on voit trois îles, les trois Kaïméni (brûlées). La plus ancienne est Hiéra ou Paléa-Kaïméni (Vieille Brûlée), nommé aussi Hiéra-Nisi, île sacrée

[1] Voyez sur ce sujet : *Hist. de l'Acad. des Sc.* 1708, p. 18. — *Expédition de Morée*, Géol. et Min. 1833, p. 258. — *Bull. de la Soc. géol. de France*, 1832, III, p. 103, 201, 291 ; 1833, V, 369; 1836, VII, 260 ; 1838, IX, 168. — *Histoire et phénomènes du volcan et des îles volcaniques de Santorin*, 1842, par l'abbé Pègues, renfermant beaucoup de détails dont quelques-uns sont fabuleux. Ces ouvrages en font connaître d'autres. — Apparition d'un nouvel îlot volcanique dans la rade de Santorin. *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.* 1866, t. LXII, 392.

ou Mégalo-Kaïméni (Grande Brûlée). Elle apparut au-dessus des eaux avec des flammes qui durèrent quatre jours, l'an 186 avant Jésus-Christ. Ce phénomène se renouvela l'an 46 de l'ère chrétienne, et l'île de Chrysé, située près de Lemnos, fut engloutie à cette époque.

L'an 19 de notre ère, une île nommée Thia se montra à une petite distance de Hiéra, et une autre île apparut encore l'an 60. Ces deux îles n'existent plus maintenant, ou se sont jointes à Hiéra.

L'an 726, il y eut des flammes, des pierres, de la fumée, etc. qui s'élevèrent des eaux à une très-grande hauteur : les roches sorties de la mer s'unirent à Hiéra.

En 1457, Hiéra s'accrut encore, et en 1508, il se fit une nouvelle éruption sous-marine.

En 1573, l'île de Mikra-Kaïméni ou Petite Brûlée apparut avec un cratère haut de 40 à 50 pieds. Son élévation diminua lors de la formation de Néa-Kaïméni.

En septembre 1650, on éprouva de nouveaux tremblements de terre, et il se fit une éruption sous-marine considérable au nord de Santorin. D'après l'abbé Pègues, ce phénomène fut terrible ; des *fantômes* (?) même y jouèrent un rôle, et l'île de Couloumbo se forma pour être bientôt détruite.

Néa-Kaïméni resta trois ou quatre ans à se former, de 1707 à 1711. Le 23 mai, le mouvement commença, sans secousses et sans éruption, par l'apparition d'un écueil ; bientôt les tremblements de terre se firent sentir, et ce rocher s'éleva chaque jour un peu plus jusqu'au 14 juillet. A partir de ce moment, les phénomènes devinrent très-violents par intervalles jusqu'au 14 septembre 1711. En 1714, on entendait encore, lorsqu'il pleuvait dans le cratère, un bruit semblable à celui que fait l'eau en tombant sur un fer chaud. L'ouverture de ce cratère est de 30 à 40 pieds de diamètre, et a une élévation de 109 mètres au-dessus de la mer.

Cette éruption a été la dernière. C'est à tort qu'on a parlé

d'une éruption qui aurait eu lieu en 1767. Cependant MM. Boblaye et Virlet ont constaté un mouvement du sol qui se manifeste d'une manière continue. En effet, entre Mikra-Kaïméni et le port de Phira, un banc de roche sous-marine est en voie d'exhaussement. Dans les premières années de la République française, les pêcheurs assuraient que ce banc s'élevait; la sonde donnait alors 15 à 20 brasses de profondeur. En juin 1829, le fond était à 4 ½ brasses; trois mois après, ce bas-fond s'était élevé d'une brasse, et, en 1835, il était à deux brasses au-dessous de la surface.

« Si cet écueil continue à s'élever progressivement, écri« vaient MM. Boblaye et Virlet, il formera bientôt au milieu « du golfe de Santorin une nouvelle île. » et M. L. de Buch disait « que cette île pourrait s'entrouvrir et donner une issue « permanente aux vapeurs...... dont l'action continuelle pro« duit des tremblements de terre qui renversent les villes et « les montagnes de l'Achaïe et du reste de la Morée. Cette « événement sera donc de la plus haute importance pour « toute la Grèce. »

Il est possible que nous assistions à l'accomplissement de cette espèce de prédiction, car, après 155 ans de tranquillité, le volcan de Santorin vient de sortir de sa léthargie. En effet, les 28 et 29 janvier de cette année (1866), on ressentit dans toute l'île de légères secousses de tremblements de terre, d'après la lettre de M. Lenormant, dont nous extrayons les détails suivants:

Le 30, nouvelles secousses, agitation de la mer entre Néa-Kaïméni et Paléa-Kaïméni, avec accompagnement de bruits souterrains. Dans la nuit, on voit des flammes s'élever dans cette région.

Le 31, la mer, qui était blanchâtre la veille, devient rougeâtre. Les secousses augmentent dans Néa-Kaïméni: il se forme une fissure qui sépare le promontoire de Vulcano de ce dernier îlot. Il s'en échappe beaucoup de vapeurs. Le terrain de cette petite île s'affaisse de 60 centimètres en deux

heures; plus tard, l'affaissement a été de 10 centimètres par heure. Les quelques familles qui l'habitent fuyent épouvantées. Dans la nuit, on voit encore des flammes entre les deux Kaïméni.

Le 1er février, l'affaissement continue à raison de 5 centimètres par heure: il s'arrête vers le soir. Dans la nuit, les flammes sont plus grandes que la veille.

Le 2 février, il est constaté que dans cet emplacement, entre Néa et Paléa-Kaïméni, là où la carte de l'Amirauté anglaise indique 45 brasses, il s'élève un écueil qui est à une brasse au-dessous de la surface de l'eau. Cet écueil apparaît sous forme d'île. Du rivage de Néa-Kaïméni on voit cette île monter silencieusement et s'élever d'heure en heure sans bruit ni fumée. Le soir elle atteint une longueur d'environ 50 mètres, 10 à 12 de largeur et 20 à 30 mètres de hauteur au-dessus de la mer. Le 3 et le 4 février, cette île s'agrandit encore.

D'après M. Lenormant, cet îlot s'est montré là où, l'an 19 de notre ère, s'était formée l'île de Thia (la Divine). Cette nouvelle éruption du volcan de Santorin qui vient de créer une île, ne l'a pas fait naître entre Mikra-Kaïméni et Phira, comme on le pensait, au point où le bas-fond mesuré il y a trente ans s'est élevé d'une demi-brasse pendant ce laps de temps. Mais peut-être que le moment de l'accomplissement de la prédiction de MM. Boblaye et Virlet n'est pas loin, et quel es phénomènes actuels hâteront sa réalisation. Quoi qu'il en soit, il est intéressant de voir des îles croître « comme des champignons, » suivant l'expression de l'abbé Pègues: mais l'existence de l'île nouvelle sera-t-elle plus longue que celle de Thia, dont elle a pris la place: durera-t-elle plus que celle de Sabrina, qui s'est élevée et abîmée en 1811 près des Açores, ou se prolongera-t-elle plus que celle de l'île Julia, qui s'est montrée momentanément en 1831 sur les côtes de Sicile? C'est ce que des renseignements nouveaux nous apprendront.

P. S. A la date du 9 février, l'ilot continuait à s'accroître en tous sens; ses dimensions étaient 140 mètres en longueur, 65 mètres en largeur et 45 en hauteur; de nuit, il paraissait une masse de charbon en combustion. L'Académie des sciences a chargé M. Fouqué, dont les études sur l'Etna sont connues, d'aller examiner ce phénomène. Ce savant espérait arriver le 3 mars à Santorin.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1866.

Le 9, gelée blanche le matin; de 3 heures à 3 heures et demie halo solaire partiel ; on voit très-distinctement les deux parhélies.
10, forte gelée blanche le matin.
14, halo solaire de 3 heures à 4 heures.
17, gelée blanche.
18, faible halo solaire entre 3 heures et 4 heures.
19, couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.
23, couronne lunaire dans la soirée.
24, id.
26, forte gelée blanche ; couronne lunaire et faible halo lunaire dans la soirée.
27, halo solaire de 3 heures et demie à 4 heures.
28, à 6 heures 45 minutes du matin, éclairs et tonnerres au NE.,l'orage passe du NO. au SO., accompagné de pluie et de grêle.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 2 à 10 h. soir.....	724,79
Le 4 à 8 h. soir....	736,15		
		5 à midi 1/4	728,83
5 à 10 h. soir...	733,68		
		7 à 4 h. soir.....	729,58
8 à 10 h. soir	733,89		
		11 à 10 h. soir.....	718,19
14 à 10 h. matin...	727,69		
		15 à 6 h. matin ...	719,99
17 à 8 h. matin...	727,39		
		20 à 6 h. soir.....	722,30
22 à 10 h. soir.....	730,68		
		28 à 6 h. matin ...	706,01

GENÈVE. — FÉVRIER 1866.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		pouces
1	725,85	— 1,28	+ 9,07	+8,86	+ 8,1	+11,2	6,69	+2,54	793	— 56	560	830	11,0	10	SO. 2	1,00	6,0	+ 1,6	35,0
2	727,46	+ 0,36	+12,57	+12,30	+10,8	+15,0	7,32	+3,16	690	—157	520	840	15,7	14	SSO. 2	1,00	6,8	+ 2,4	35,7
3	731,14	+ 4,08	+ 6,44	+6,11	+ 4,8	+13,1	4,88	+0,72	698	—147	550	910	...	..	SO. 1	0,70	6,6	+ 2,1	37,0
4	734,92	+ 7,90	+ 4,62	+4,22	+ 2,7	+ 8,9	4,48	+0,31	706	—137	470	890	2,4	4	variable	0,77	...	.....	38,8
5	730,64	+ 3,66	+ 5,29	+4,82	+ 3,3	+ 9,8	5,64	+1,46	860	+ 19	710	950	3,2	3	variable	0,86	6,1	+ 1,6	39,7
6	732,80	+ 5,86	+ 4,10	+3,56	+ 1,4	+ 6,4	5,72	+1,54	928	+ 89	840	960	3,8	5	NO. 1	0,96	6,1	+ 1,6	40,5
7	730,66	+ 3,76	+10,24	+9,63	+ 3,8	+16,4	7,16	+2,97	761	— 76	560	960	0,7	1	variable	0,83	6,5	+ 2,0	40,8
8	731,57	+ 4,71	+ 8,31	+7,63	+ 6,2	+11,2	5,13	+0,94	645	—190	460	760	1,0	1	SSO. 2	0,78	6,6	+ 2,1	41,2
9	730,76	+ 3,94	+ 3,94	+3,18	+ 0,1	+ 9,6	4,65	+0,45	764	— 69	600	830	...	..	N. 1	0,30	6,6	+ 2,0	41,5
10	725,63	— 1,14	+ 8,07	+7,23	— 1,2	+14,7	5,87	+1,66	716	—114	430	990	9,7	5	SSO. 2	0,43	6,6	+ 2,0	42,5
11	721,90	— 4,82	+ 7,05	+6,13	+ 2,3	+10,8	5,58	+1,37	751	— 76	510	920	0,2	1	SSO. 2	0,87	...	.....	44,5
12	719,87	— 6,81	+ 7,26	+6,26	+ 5,4	+ 9,3	6,28	+2,06	841	+ 16	740	940	10,7	15	SSO. 2	1,00	6,2	+ 1,6	45,0
13	722,35	— 4,28	+ 5,63	+4,54	+ 3,8	+ 8,2	4,82	+0,60	726	— 97	610	820	8,0	6	SSO. 2	0,89	6,4	+ 1,8	45,0
14	726,11	— 0,47	+ 3,84	+2,66	+ 1,2	+ 8,0	3,86	—0,37	662	—159	470	800	...	..	SO. 1	0,52	6,2	+ 1,5	46,0
15	721,40	— 5,13	+ 2,81	+1,54	+ 0,1	+ 5,0	4,43	+0,20	800	— 19	630	890	4,8	9	SSO. 2	0,98	6,0	+ 1,3	46,5
16	726,40	— 0,08	+ 5,24	+3,88	+ 2,3	+ 7,8	5,45	+1,22	823	+ 6	750	890	...	..	variable	0,93	6,2	+ 1,5	46,5
17	726,80	+ 0,37	+ 6,64	+5,19	— 0,4	+12,2	5,33	+1,09	718	— 96	570	970	...	..	SSO. 1	0,40	6,4	+ 1,6	46,5
18	724,26	— 2,12	+ 8,28	+6,74	+ 4,3	+11,9	5,20	+0,96	648	—164	510	830	...	..	SSO. 1	0,84	...	.....	45,5
19	723,18	— 3,15	+ 6,55	+4,91	+ 5,3	+ 9,7	6,91	+2,66	961	+151	830	1000	2,3	6	variable	0,96	6,2	+ 1,4	45,0
20	722,85	— 3,43	+ 3,75	+2,01	+ 3,3	+ 5,5	5,52	+1,27	940	+133	860	1000	2,1	4	NNE. 1	1,00	6,2	+ 1,1	45,0
21	724,18	— 2,05	+ 4,23	+2,39	+ 3,0	+ 5,6	6,07	+1,81	990	+185	930	1000	8,3	14	N. 1	1,00	6,3	+ 1,4	45,0
22	729,20	+ 3,02	+ 5,68	+3,74	+ 4,7	+ 8,1	6,17	+1,91	912	+110	830	940	...	..	variable	1,00	6,3	+ 1,3	45,0
23	728,42	+ 2,29	+ 5,29	+3,25	+ 3,0	+10,2	5,41	+1,14	823	+ 24	630	890	...	..	SO. 1	0,51	6,6	+ 1,6	44,2
24	724,69	— 1,38	+ 5,34	+3,20	+ 3,1	+ 9,3	4,69	+0,42	714	— 83	520	940	...	..	variable	0,97	6,5	+ 1,5	43,7
25	724,58	— 1,43	+ 2,27	+0,02	— 0,9	+ 6,0	3,23	—1,05	622	—172	400	850	...	..	NNE. 1	0,07	...	.....	43,3
26	717,05	— 8,90	+ 2,02	—0,34	— 3,4	+ 9,9	4,14	—0,14	781	— 10	530	1000	...	..	variable	0,13	6,6	+ 1,5	42,8
27	714,74	—11,16	+ 2,97	+0,50	— 1,3	+ 7,8	4,59	+0,30	814	+ 25	630	1000	...	..	SSO. 1	0,89	6,1	+ 0,9	42,5
28	708,73	—17,12	+ 6,84	+4,27	+ 1,1	+12,4	4,46	+0,17	616	—170	370	870	3,4	2	SSO. 3	0,88	6,6	+ 1,4	42,0

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1866.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	730,15	730,50	730,66	730,38	729,84	729,85	730,19	730,41	730,19
2e «	723,58	723,97	724,15	723,96	723,35	723,14	723,01	723,20	723,38
3e «	721,44	721,91	722,07	721,90	721,23	721,02	721,15	721,33	721,39
Mois	725,32	725,71	725,88	725,66	725,06	724,93	725,05	725,24	725,25
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 5,09	+ 5,74	+ 7,51	+ 9,77	+ 9,91	+ 9,59	+ 7,90	+ 7,23	+ 7,05
2e «	+ 3,93	+ 4,24	+ 5,71	+ 7,30	+ 8,14	+ 7,45	+ 6,92	+ 6,08	+ 5,44
3e «	+ 1,74	+ 2,49	+ 4,91	+ 6,28	+ 7,48	+ 7,06	+ 5,68	+ 4,46	+ 3,36
Mois	+ 3,72	+ 4,28	+ 6,12	+ 7,89	+ 8,58	+ 8,10	+ 6,92	+ 6,03	+ 5,42
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	5,53	5,81	6,30	5,96	5,75	5,66	5,60	5,74	5,68
2e «	5,24	5,16	5,41	5,40	5,60	5,48	5,20	5,34	5,46
3e «	4,82	4,93	4,91	5,02	4,76	4,90	4,81	4,81	4,90
Mois	5,22	5,33	5,58	5,49	5,41	5,38	5,23	5,33	5,38
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	835	835	805	665	636	637	682	749	745
2e «	860	825	789	716	695	718	700	754	809
3e «	917	891	752	705	623	651	696	768	835
Mois	867	847	784	695	653	670	693	756	794

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	p.
1re décade	+ 4,00	+11,63	0,76	6,43	47,5	39,27
2e «	+ 2,76	+ 8,84	0,84	6,22	28,1	45,55
3e «	+ 1,16	+ 8,66	0,68	6,43	11,7	43,56
Mois	+ 2,75	+ 9,79	0,77	6,36	87,3	42,74

Dans ce mois, l'air a été calme 0 sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,25 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 44,7 O. et son intensité est égale à 59,1 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1866.

Le 3, brouillard jusqu'à 2 heures de l'après-midi.
4, brouillard jusqu'à 10 heures du matin.
8, brouillard de 4 heures du soir à 8 heures.
11, brouillard depuis 2 heures de l'après-midi.
17, brouillard depuis 8 heures du soir.
18, brouillard toute la journée, neige de 2 à 4 heures.
19, brouillard le matin.
21, id.
23, brouillard depuis 2 heures de l'après-midi.
24, brouillard le matin.
25, brouillard le matin et le soir.
26, brouillard à peu près toule la journée.
27, brouillard tout le jour.
28, brouillard jusqu'à 8 heures du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM			MINIMUM.		
		mm			mm
			Le 3	à 8 h. matin...	562,61
Le 4	à 10 h. soir	566,80			
			5	à 2 h. soir	562,63
6	à 10 h. soir	568,69			
			8	à 6 h. soir	564,18
9	à midi	566,81			
			12	à 6 h. matin...	555,49
14	à midi	559,45			
			15	à 8 h. matin...	554,82
17	à midi..........	563,99			
			20	à 8 h. matin ..	560,15
22	à 8 h. soir	564,86			
			28	à 8 h. matin...	547,07

SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1866.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum *	Température C. Maximum *	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.			
1	563,47	+ 3,29	562,82	564,00	— 4,07	+ 5,37	— 5,6	— 2,5	300	14,0	15	variable	0,99
2	564,90	+ 4,74	563,99	565,71	— 2,35	+ 7,08	— 4,7	+ 0,3	392	25,0	17	NE. 1	0,72
3	563,76	+ 3,62	562,61	564,33	— 8,91	+ 0,50	—11,0	— 6,6	.....	.....	......	NE. 1	0,56
4	565,56	+ 5,44	563,55	566,80	—10,47	— 1,07	—11,5	— 9,2	.....	.....	......	NE. 2	0,70
5	564,50	+ 4,40	562,33	565,96	— 6,66	+ 2,72	— 9,7	— 2,3	70	6,2	8	NE. 1	0,92
6	567,26	+ 7,18	565,82	568,69	— 3,23	+ 6,13	— 8,2	— 1,3	10	2,7	4	NE. 1	0,91
7	567,36	+ 7,30	566,76	568,03	+ 0,32	+ 9,66	— 3,3	+ 3,7	.....	.....	......	NE. 1	0,41
8	565,21	+ 5,17	564,18	566,13	— 5,77	+ 3,54	—10,2	— 2,3	.....	.....	......	NE. 2	0,89
9	566,51	+ 6,48	565,79	566,81	— 0,14	+ 9,14	— 4,1	+ 4,2	.....	.....	......	NE. 1	0,36
10	563,88	+ 3,87	563,22	565,03	— 6,35	+ 2,91	— 8,0	— 4,2	.....	.....	......	NE. 1	0,41
11	559,09	— 0,90	557,30	560,81	— 6,22	+ 3,01	— 7,9	— 4,8	30	3,2	4	variable	0,89
12	557,10	— 2,88	555,49	557,81	— 3,01	+ 6,19	— 3,3	— 1,1	200	20,8	20	variable	1,00
13	557,12	— 2,84	555,70	558,48	— 7,76	+ 1,41	—11,5	— 3,3	350	25,5	24	NE. 1	1,00
14	558,75	— 1,19	558,08	559,45	—11,93	— 2,79	—14,0	— 8,2	.....	.....	......	NE. 1	0,24
15	555,64	— 4,29	554,82	556,63	—11,16	— 2,06	—13,5	— 7,7	130	9,7	12	NE. 1	0,97
16	561,54	+ 1,63	559,81	562,89	— 4,86	+ 4,21	— 9,9	— 0,9	30	2,0	4	NE. 1	0,58
17	563,76	+ 3,86	563,34	563,99	— 5,20	+ 3,83	— 8,3	— 1,9	.....	.....	......	SO. 1	0,30
18	562,28	+ 2,39	561,71	562,76	— 8,45	+ 0,54	— 9,5	— 7,2	50	3,2	4	SO. 1	1,00
19	560,75	+ 0,88	560,57	561,01	— 3,98	+ 4,97	— 7,2	— 0,3	.....	.....	......	variable	0,77
20	560,50	+ 0,64	560,15	560,93	— 4,30	+ 4,60	— 5,0	— 3,1	50	4,0	9	SO. 1	0,72
21	561,84	+ 2,00	560,51	563,13	— 3,79	+ 5,07	— 4,6	— 2,5	80	9,8	8	SO. 1	1,00
22	564,32	+ 4,49	563,28	564,86	— 3,05	+ 5,77	— 4,9	0,0	.....	.....	......	NE. 1	0,08
23	562,80	+ 2,98	562,14	563,59	— 4,40	+ 4,37	— 6,3	— 2,4	.....	.....	......	NE. 1	0,98
24	558,86	— 0,95	558,11	559,75	— 7,13	+ 1,59	—10,7	— 2,5	.....	.....	......	NE. 2	0,11
25	557,56	— 2,24	556,98	558,10	—10,32	— 1,65	—13,6	— 6,1	.....	.....	......	NE. 1	0,85
26	554,05	— 5,74	553,29	554,76	— 9,61	— 1,00	—11,2	— 7,6	.....	.....	......	SO. 1	0,98
27	553,80	— 5,99	553,06	554,48	— 9,28	— 0,76	—10,0	— 8,1	.....	.....	......	SO. 1	1,00
28	549,33	—10,45	547,07	550,17	— 7,86	+ 0,65	— 8,9	— 5,9	.....	.....	......	SO. 1	0,99

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1866.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	565,01	565,12	565,32	565,35	564,98	565,02	565,27	565,54	565,64
2 »	559,31	559,42	559,73	559,87	559,74	559,67	559,74	559,70	559,78
3 »	557,74	557,60	557,96	558,19	557,91	557,57	557,71	557,88	557,89
Mois	560,90	560,94	561,22	561,35	561,09	560,98	561,13	561,27	561,33
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 5,27	— 4,67	— 3,24	— 2,54	— 3,11	— 4,03	— 5,48	— 6,05	— 6,02
2e »	— 7,91	— 7,63	— 5,97	— 4,44	— 4,42	— 5,43	— 6,94	— 7,32	— 7,66
3e »	— 7,95	— 7,50	— 6,11	— 4,95	— 5,56	— 5,80	— 7,25	— 7,67	— 7,10
Mois	— 6,98	— 6,54	— 5,04	— 3,90	— 4,28	— 5,04	— 6 51	— 6,97	— 6,91

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 7,63	— 2,02	0,69	48,0	772
2e »	— 9,01	— 3,85	0,75	68,4	840
3e »	— 8,77	— 4,39	0,75	9,8	80
Mois	— 8,45	— 3,35	0,73	126,2	1692

Dans ce mois, l'air a été calme 16 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,75 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E. et son intensité est égale à 44,4 sur 100.

* Voir la note du tableau.

DU SPITZBERG AU SAHARA

SUR

LA FLORE DU SPITZBERG ET DES ALPES

PAR

M. Ch. MARTINS

Les publications de M. Charles Martins renferment des renseignements et des comparaisons d'un très-grand intérêt sur la végétation arctique, surtout de Scandinavie et du Spitzberg, comparée à celle des hautes montagnes du midi de l'Europe. Nous en avons parlé naguère dans ce journal, mais il est bon de signaler à nos lecteurs le résumé complet des œuvres de M. Ch. Martins qui vient de paraître sous le titre : *Du Spitzberg au Sahara, étapes d'un naturaliste au Spitzberg, en Laponie, en Écosse, en Suisse, en France, en Italie, en Orient, en Égypte et en Algérie*, 1 vol. in-8°. Paris, 1866. C'est une édition complète et améliorée d'articles publiés dans diverses collections académiques ou publications périodiques, avec l'addition d'un article qui nous a paru entièrement nouveau, sur la nature et l'origine de la plaine de cailloux des environs d'Arles, appelée la Crau. Les naturalistes, les physiciens et les géologues trouveront dans cet ouvrage une abondante source de documents, dont la recherche est facilitée par une disposition méthodique des chapitres et une table alphabétique générale.

Parmi les sujets que l'auteur a traités avec le plus de soin, il faut mentionner les rapports de la végétation polaire avec celle des hautes montagnes de l'Europe. Explorateur zélé de ces régions analogues et l'un des premiers apôtres de la théorie de l'extension des glaciers à une certaine époque, en Europe, il n'a cessé de compléter les listes de plantes recueillies dans les localités les plus intéressantes à comparer. Il a profité, par exemple, du résumé de M. Malmgren, publié en 1864, dans le *Journal of botany,* sur la végétation phanérogame du Spitzberg, et même, pendant la durée de l'impression de son volume du Spitzberg au Sahara, il a communiqué à la Société botanique de France son chapitre sur la flore du Spitzberg et des sommités alpines et pyrénéennes, avec de légères modifications qui en augmentent encore l'exactitude[1]. Nous citerons ce qui concerne les Alpes, comme ayant un intérêt plus particulier pour nos lecteurs.

M. Martins a dressé la liste des espèces trouvées par lui-même ou par d'autres voyageurs, au sommet du Faulhorn (2683 mètres), sur le Jardin de la Mer de glace de Chamounix (2756 mètres), aux Grands-Mulets sur le côté nord du Mont-Blanc (3470 mètres), sur le versant méridional du Mont-Rose (3158 mètres) et au col de St-Théodule (3350 mètres). Il les compare à la végétation du Spitzberg, dont on connaît actuellement 93 espèces phanérogames, recueillies sur les côtes nord et est principalement, car la côte occidentale et surtout celle du midi ont été peu visitées par des naturalistes. Le Faulhorn est dans des conditions très-différentes du Spitzberg, à cause de sa faible élévation, de son exposition au soleil

[1] Voir *Bulletin de la Société botanique*, 1865, p. 144.

et de la terre végétale facilement échauffée qui la recouvre. On y trouve seulement 11 espèces communes avec le Spitzberg. La localité du Jardin est plus intéressante à mentionner. « Je ne connais pas de localité, dans les Alpes, dit M. Martins, qui rappelle mieux le Spitzberg que le cirque de névé au milieu duquel se trouve cette pelouse. Si, par l'imagination, le voyageur placé au Jardin suppose que la mer baigne le pied de l'amphithéâtre dont il occupe le centre, il peut se dire qu'il a une idée des aspects du Spitzberg. L'îlot dépourvu de neige, sur lequel il se trouve, est une analogie de plus, et la comparaison de la végétation de cet îlot avec celle du Spitzberg, une des plus légitimes et des plus intéressantes qui puissent être faites...... La longueur du Jardin est de 800 mètres, sa largeur de 300 environ ; sa distance aux rochers les plus voisins où croissent quelques plantes, de 800 mètres au moins. Le Jardin est un groupe de rochers de protogine. Deux moraines flanquent ces rochers. Une source jaillit du milieu de la pelouse et forme un petit ruisseau. » L'auteur a comparé les récoltes de plantes faites au Jardin par lui-même et par MM. Alph. de Candolle, Percy, Mlle d'Angeville, MM. Metert et Payot. Ce dernier, établi à Chamounix, a visité plusieurs fois la localité et a publié déjà une liste de ses plantes.

Végétaux phanérogames du Jardin de la Mer de glace de Chamounix[1].

RANUNCULACEÆ. **Ranunculus glacialis* L., **R. montanus* Willd., R. Villarsi DC.

[1] Les espèces munies d'un astérisque se retrouvent en Laponie ; — celles imprimées en italique, sur le sommet du Faulhorn.

CRUCIFERÆ. *Draba frigida* Gaud.: **Cardamine bellidifolia* L., C. resedifolia L.: Sisymbrium pinnatifidum DC.

CARYOPHYLLEÆ. Silene rupestris L. var. subacaulis, **S. acaulis* L.: *Spergula saginoides* L.: Arenaria rubra L., A. serpyllifolia L., A. nivalis Godr., **A. biflora* L.; *Cherleria sedoides* L.: *Stellaria cerastioides* L.; **Cerastium latifolium* L., *C. alpinum DC. var. lanatum; **Spergula saginoides* L.

PAPILIONACEÆ. Trifolium alpinum L.

ROSACEÆ. **Sibbaldia procumbens* L.; *Geum montanum* L.; *Potentilla aurea* L., *P. glacialis* Hall., *P. grandiflora* L.; *Alchimilla pentaphylla* L.

ONAGRARIEÆ. **Epilobium alpinum* L.

CRASSULACEÆ. *Sedum atratum* L., *S. repens* Schl., *S. annuum L.; Sempervivum montanum L., S. arachnoideum L.

SAXIFRAGEÆ. **Saxifraga stellaris* L., S. aspera L., *S. bryoides* L.

UMBELLIFERÆ. Meum Mutellina Gærtn.; *Gaya simplex* Gaud.; Bupleurum stellatum L.

SYNANTHEREÆ. Cacalia alpina Jacq., C. leucophylla Willd.; *Tussilago alpina* L.; **Erigeron uniflorus* L., **E. alpinus* L.; *Pyrethrum alpinum* Willd.; **Homalotheca supina* Cass.; *Gnaphalium dioicum L., *G. alpinum Willd.: Arnica montana L.: Senecio incanus L.; *Cirsium spinosissimum* Scop.: Leontodon squamosus Lam., *L. aureus* L.; Taraxacum lævigatum DC.: *Hieracium alpinum L., H. angustifolium Hoppe, H. glanduliferum Hoppe, H. Halleri Vill.

CAMPANULACEÆ. *Phyteuma hemisphæricum* L.; Campanula barbata L.

PRIMULACEÆ. Primula viscosa Vill.

GENTIANEÆ. Gentiana purpurea L., C. acaulis L., G. excisa Presl.

SCROFULARIACEÆ. *Linaria alpina* DC.; **Veronica alpina* L., *V. bellidioides* L.; *Euphrasia minima* Jacq.

PLANTAGINEÆ. Plantago alpina L.

SALICINEÆ. **Salix herbacea* L.

JUNCEÆ. *Juncus Jacquini* L., *J. trifidus L.; Luzula lutea DC., *L. spadicea* DC., **L. spicata* DC.

CYPERACEÆ. *Carex curvula* All., *C. fœtida* Vill., *C. sempervirens* Vill., C. ferruginea Scop.

GRAMINEÆ. **Phleum alpinum* L.: Anthoxanthum odoratum L.: **Agrostis rupestris* All., *A. alpina* Scop.: *Avena versicolor* Vill.: *Poa laxa* Hænke, P. laxa var. flavescens Koch, **P. alpina* L., *P. alpina var. vivipara* L.; *Festuca Halleri* All.

Il existe donc 87 végétaux phanérogames au Jardin : il faut y ajouter 16 Mousses, 2 Hépatiques et 23 Lichens, ce qui porte à 128 le nombre total des plantes qui croissent dans cet îlot de terre végétale entouré de glaces éternelles.

Sur les 87 Phanérogames, il y en a 50 imprimées en italique, c'est-à-dire plus de la moitié, qui croissent également sur le Faulhorn. Or, celui-ci étant un sommet isolé en face des Alpes bernoises, l'autre un îlot de végétation dans un cirque faisant partie du Mont-Blanc, et par conséquent dans des conditions physiques bien différentes, nous pouvons en conclure que ces deux florules représentent bien la végétation alpine à sa dernière limite, au-dessous de ce que l'on appelle communément la ligne des neiges éternelles. Parmi ces 87 espèces, je n'en trouve que 6 qui fassent partie de la flore du Spitzberg, ce sont : *Ranunculus glacialis, Cardamine bellidifolia, Silene acaulis, Cerastium alpinum, Arenaria biflora* et *Erigeron uniflorus,* la même proportion relative qu'au Faulhorn ; mais il y en a 24 qui se trouvent en Laponie. En résumé, le sommet du Faulhorn et le Jardin ont 50 plantes communes. La proportion des plantes laponnes est de trente pour cent au Faulhorn, et au Jardin de vingt-huit, du tiers environ dans les deux localités. Mais sur le sommet

du Faulhorn et au Jardin, celles du Spitzberg ne forment que sept à huit pour cent du nombre total. Répétons encore qu'aucune de ces plantes n'appartient à la flore arctique ou circumpolaire. La flore subnivale des Alpes correspond donc à celle de la Laponie septentrionale, des environs de l'Altenfiord par exemple[1], et, pour trouver une végétation analogue à celle du Spitzberg, il faut nous élever plus haut dans les Alpes, au-dessus de la limite des neiges éternelles.

Au haut des glaciers du revers septentrional du Mont-Blanc se trouve une petite chaîne de rochers isolés, formant une île au milieu de la Mer de glace qui les environne. Ils séparent l'un de l'autre, à leur partie supérieure, les glaciers des Bossons et de Taconnay, et sont éloignés de 800 mètres de la montagne de la Côte, et de deux kilomètres de la pierre de l'Échelle, les points les plus rapprochés où il y ait de la végétation. Leur direction est du nord-nord-est au sud-sud-ouest. Le point le plus déclive se trouve à 3050 mètres au-dessus de la mer ; le plus élevé, appelé par Saussure *Rocher de l'heureux retour*, est à 3470 mètres d'altitude. Ces rochers sont formés de feuillets verticaux de protogine schisteuse entre lesquels les plantes trouvent un abri et un sol formé par la décomposition de la roche. Les ascensions au Mont-Blanc de MM. Marckam Shervill, le 27 août 1825; Auldjo, le 8 août 1827 ; et Martin-Barry, le 17 septembre 1834, avaient porté à huit le nombre total des Phanérogames de cet îlot glaciaire. Je le visitai trois fois, le 31 juillet, le 2 septembre 1844 et le 28 juillet 1846, et

[1] Voyez mon Voyage botanique le long des côtes septentrionales de la Norwége; et Anderson, *Conspectus vegetationis lapponicæ*, 1846.

j'explorai principalement, non sans péril, l'escarpement tourné vers le sud-est, qui domine le chaos de *séracs* du glacier des Bossons. J'y récoltai 19 plantes phanérogames. M. Vénance Payot, naturaliste à Chamounix, escalada de nouveau ces rochers le 30 août 1861, et y trouva 5 espèces que je n'y avais pas remarquées. Je donne ici la liste de ces 24 plantes, dont cinq, imprimées en italique, appartiennent aussi à la flore du Spitzberg. Aux Grands-Mulets, la proportion des espèces du Spitzberg est, comme on le voit, de vingt et un pour cent, et, sauf l'*Agrostis rupestris*, il n'y a point de plante laponne. Cette florule se compose donc exclusivement d'espèces très-alpines mêlées à un cinquième de plantes du Spitzberg. Les Grands-Mulets sont aussi l'une des stations les plus élevées d'un rongeur, le campagnol-des-neiges (*Arvicola nivalis* Mart.), qui se nourrit spécialement des plantes dont nous donnons la liste. M. Payot a, en outre, recueilli aux Grands-Mulets 26 Mousses, 2 Hépatiques et 28 Lichens, ce qui donne 80 espèces pour le nombre total des végétaux vasculaires et cellulaires de ces rochers dépourvus en apparence de toute végétation.

Végétaux phanérogames des Grands-Mulets.

Draba fladnizensis Wulf., D. frigida Gaud.; *Cardamine bellidifolia* L., C. resedifolia Saut.; *Silene acaulis* L.; Potentilla frigida Vill.; Phyteuma hemisphæricum L.; Pyrethrum alpinum Willd.; *Erigeron uniflorus* L.; Saxifraga bryoides L., S. grœnlandica L., S. muscoides auct., *S. oppositifolia* L.; Androsace helvetica Gaud., A. pubescens DC.; Gentiana verna L.

Luzula spicata DC.; Festuca Halleri Vill.; Poa laxa Hænke, P. cæsia Sm., P. alpina var. vivipara L.; *Trisetum subspicatum* Pal. Beauv.; *Agrostis rupestris All.; Carex nigra All.

Les listes du Mont-Rose et de St-Théodule indiquent à peu près la même proportion d'espèces du Spitzberg. Celle du sommet du Pic du Midi, aux Pyrénées, à 2860 mètres d'élévation, contiennent une proportion un peu plus forte (11 $^{0}/_{0}$ au lieu de 8) d'espèces communes avec le Spitzberg. Treize espèces sont communes au Faulhorn, au Jardin et au Pic du Midi, et de ces 13 espèces il n'y en a pas moins de sept qui existent aussi dans le nord. Si l'origine de toutes ces plantes est une ancienne végétation de l'époque glaciaire, comme on le croit généralement aujourd'hui, il est naturel que les espèces autrefois les plus répandues soient restées, de préférence, dans des localités très-éloignées.

DESCRIPTION

D'UN

NOUVEL ANÉMOMÈTRE[1]

PAR

M. F. CRAVERI

L'idée qui a présidé à l'invention de cet appareil a été d'obtenir un instrument d'un établissement peu coûteux et facile à construire dans les lieux éloignés des ateliers scientifiques. Dans ce but, on a cherché à mesurer la force du vent au moyen d'un travail qu'on lui fait exécuter. Pour résoudre ce problème, on s'est servi d'un moulinet auquel on a adapté un mécanisme, grâce auquel le travail du vent est employé à verser de la graine par quantités définies. Ce travail est ensuite facile à estimer avec exactitude, soit en volume, soit en poids.

La figure ci-jointe[2] permettra de comprendre sans peine le mécanisme très-simple de l'instrument dont nous allons donner la description.

Sur le belvédère qui couronne le toit de notre maison, nous avons établi un solide pilastre en briques auquel on a fixé, avec des bras de fer, la tige de la girouette. Celle-ci est formée d'une banderolle de fer blanc qui porte un

[1] Cet appareil fonctionne depuis plusieurs années à Bra, dans la maison des frères Craveri. Il a servi pour les observations météorologiques faites à Bra et publiées dans le Bulletin météorologique de Turin.

[2] Voyez la planche II à la fin du nnméro.

moulinet à quatre ailes, également en fer blanc et du diamètre de 43 centimètres. L'axe de ce moulinet est muni d'une excentrique capable de produire un mouvement de haut en bas d'une longueur de 4 centimètres.

La tige de la girouette est formée d'un tube de fer du diamètre de 20 millimètres, et elle s'étend verticalement, à travers le toit et le premier étage, jusqu'au rez-de-chaussée de la maison, étant partout fixée au mur, tout en conservant la faculté de pivoter librement. Sa longueur est d'environ 11 mètres, et elle est formée de trois tronçons placés bout à bout et solidement liés les uns aux autres au moyen d'anneaux fixes et de chevilles à coins mobiles, afin que l'instrument puisse se démonter facilement. Toutefois, si la disposition de la maison le permettait, il y aurait tout avantage à raccourcir la tige en plaçant l'appareil inférieur sous le toit ou dans le belvédère. La tige pourrait alors être formée d'une seule pièce de 2 ou 3 mètres de longueur. Inférieurement cette tige repose et pivote sur une pièce en laiton encastrée dans une console de marbre A, qui est fixée dans une niche de la muraille. Un fil de cuivre B, du calibre d'un millimètre, est attaché par l'un de ses bouts à l'anneau de l'excentrique du moulinet, et, passant par le tube de la tige, il en sort dans sa partie inférieure, en C, par un trou latéral pratiqué dans la paroi du tube. Afin de supprimer le frottement qui ne pourrait manquer de se produire sur ce point, on fait glisser le coude du fil sur une petite poulie en laiton, et afin d'empêcher que le fil ne s'échappe de la poulie sous l'influence des fortes secousses que produisent les bourrasques, on le maintient au moyen de deux petites pattes, également fixées à la tige F. L'extrémité du fil s'attache au levier coudé D qui

constitue une sorte d'ancre à échappement, et il peut se tendre plus ou moins au moyen de la vis et de l'écrou GH. Cette ancre pousse par son extrémité inférieure les dents d'une petite roue à auge I. Chaque tour de l'excentrique auquel est fixé l'autre extrémité du fil élève de 4 centimètres et laisse retomber le levier à ancre D dont l'extrémité N fait avancer d'un cran la roue à auge I. Le poids L placé à l'extrémité du levier sert à faire retomber l'ancre aussitôt que le fil B cesse de le soulever. Ainsi, le jeu du moulinet, à chaque tour d'excentrique, fait avancer d'un cran la roue I. Afin de régulariser les mouvements de cette roue, on l'a fixée au moyen d'un ressort terminé par une petite poulie M dont le frottement dur empêche la roue de revenir en arrière et l'empêche également d'avancer de plus d'un cran à la fois. Cette pièce à ressort sert de frein et dirige les mouvements de la roue en la faisant avancer juste de la quantité voulue pour qu'à chaque oscillation l'ancre puisse saisir une dent. Dans l'origine, l'extrémité N de l'ancre était simple, mais on a été conduit à la rendre articulée, afin de pouvoir plus exactement régler sa longueur et la direction de son extrémité, de manière à ce qu'elle fonctionne régulièrement.

La roue à auge I est enfermée dans un tambour qui est fixé au support O et qui porte supérieurement un petit entonnoir P auquel aboutit un tube de fer blanc qui communique avec le réservoir R et qui sert à amener la graine dans les auges de la roue I. A la partie inférieure du tambour, au point Q, il existe une autre ouverture qui sert à décharger les auges.

Le support O, auquel tient tout le mécanisme inférieur, est rivé à la tige et pivoté avec elle ; mais la caisse de

fer-blanc R, qui contient la provision de graine nécessaire pour que l'instrument puisse fonctionner longtemps, est fixée au mur, et, comme son conducteur T est obligé de tourner avec l'appareil, on l'a interrompu dans sa longueur au moyen de l'entonnoir S qui est soudé à la tige. Cet entonnoir s'alimente du réservoir fixe R, pour transmettre ensuite la graine au tube T, lequel est aussi soudé à la tige et tourne avec elle.

La roue à auges I contient 18 petits godets qui se remplissent de graine à tour de rôle, à mesure qu'ils passent sous l'entonnoir P et qui restent pleins, jusqu'au moment où ils rencontrent le trou inférieur du tambour (Q), par lequel ils se déchargent, en sorte que les godets de la moitié descendante sont toujours pleins, tandis que ceux de la moitié ascendante sont toujours vides.

Si l'on a compris le mécanisme qui vient d'être décrit, on concevra que la force du vent sera indiquée par la quantité de graine qui sera versée par la roue I dans un temps donné. Il restait à déterminer la direction du vent. C'est ce qu'on obtient en permettant à la tige, qui sert d'axe à la girouette, de pivoter librement. Cette tige, en tournant avec la direction du vent, entraîne tout l'appareil inférieur, qui y est soudé. De ce mouvement, il résulte que la graine est versée sur tout le pourtour d'un cercle, sur le centre duquel repose le pivot de la tige de la girouette. On a donc placé au-dessous de l'appareil une boîte circulaire en fer-blanc, divisée en 8 compartiments orientés exactement et qui représentent la rose des vents, de manière que, suivant les oscillations du vent, ce sera tantôt l'un, tantôt l'autre des compartiments qui recevra la graine.

Ainsi, lorsque l'instrument fonctionne, l'appareil infé-

rieur verse la valeur d'un godet plein de graine pour chaque tour de l'excentrique (ou du moulinet), en sorte que la quantité de graine versée dans la boîte à compartiments est proportionnelle au nombre de tours de roue du moulinet, par conséquent à la force du vent, et la quantité de graine que l'on trouvera dans chacun des compartiments indiquera les oscillations de la direction du vent et la proportion dans laquelle il a soufflé suivant les diverses directions. Comme cet appareil travaille assez vite par un gros vent, il est bon de placer au-dessous de la console des sacoches, correspondant par des entonnoirs avec les compartiments de la boîte, afin que ceux-ci ne risquent pas de se remplir outre mesure et de laisser échapper de la graine.

C'est à la graine de millet que nous avons donné la préférence, vu sa petitesse et le poli dé sa surface, grâce auquel elle s'écoule presque aussi facilement qu'un liquide.

Au repos de l'instrument, il n'en passe pas un grain. Lorsqu'il fonctionne, il passe environ 7 grains pour chaque tour de l'excentrique, cette quantité représentant la capacité des auges de la roue I. Si le moulinet fait 100 révolutions, la roue à auges en fait $^{100}/_{18} = 5{,}55$ et verse 700 graines, c'est-à-dire cinq centimètres cubes. La quantité la plus forte de millet que j'aie jamais trouvé dans un seul entonnoir pendant un vent constant, est de 600 centimètres cubes, ce qui représente 60,000 tours du moulinet.

Il est clair qu'on pourra régler son instrument *ad libitum* quant au nombre proportionnel des tours de la roue à auge et du moulinet et à la capacité des godets de la roue à auge, en sorte qu'on pourrait facilement établir l'instrument de manière à n'avoir à faire qu'à des nom-

bres décimaux. Lorsqu'on opère toujours avec la même provision de graine pour laquelle on connaît le rapport du volume au poids, on pourra indifféremment déterminer la quantité de vent enregistré par l'instrument par le moyen d'une pesée, ou par celui d'un mesurage.

Cet appareil est d'un prix assez modique, et c'est là son principal avantage. Il ne revient qu'à 60 ou 70 francs, et sa construction est assez simple pour qu'un homme intelligent, aidé d'un simple ferblantier ou d'un serrurier, puisse au besoin en établir un semblable. Nous avons donc pensé que sa description pouvait offrir quelque intérêt pour les personnes qui désirent faire des observations météorologiques dans les contrées éloignées, ou qui ne peuvent consacrer de grosses sommes à l'acquisition de leurs instruments.

L'anémomètre qui vient d'être décrit fonctionne avec une grande exactitude; il n'est, sans doute, ni aussi parfait, ni aussi complet que les anémomètres les plus récents dont on se sert dans les grands observatoires, mais il est très-suffisant pour permettre de faire de bonnes observations météorologiques [1].

[1] Sur le conseil du P. Secchi, M. Fr. Craveri se propose de faire des expériences comparatives avec son anémomètre et d'autres appareils du même genre, en particulier avec le moulinet de Robinson qui est muni d'un compteur. Il espère pouvoir graduer son instrument de manière à formuler avec précision le travail qu'il fait par un vent faible, modéré ou violent. Mais jusqu'à présent il n'a pu faire les installations nécessaires pour ces expériences. H. S.

DES MOUVEMENTS VIBRATOIRES

QUE DÉTERMINE DANS LES CORPS CONDUCTEURS

L'ACTION COMBINÉE

DU MAGNÉTISME ET DES COURANTS DISCONTINUS

PAR

M. LE PROFESSEUR A. DE LA RIVE.

(Note communiquée à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, dans sa séance du 5 avril 1866.)

Dans un mémoire publié en 1847 dans les *Transactions Philosophiques* de la Société Royale de Londres et dans les *Archives des Sciences physiques*[1], j'avais signalé le fait que des barreaux métalliques de toute dimension placés sur les pôles d'un fort électro-aimant, rendaient un son prononcé dès qu'ils étaient traversés par un courant électrique discontinu. Ce son présentait une grande analogie avec celui que rend une tige de fer à travers laquelle on fait passer un courant discontinu ; seulement dans ce dernier cas il n'est pas nécessaire de soumettre le conducteur qui transmet le courant à l'action magnétique pour qu'il y ait production d'un son, tandis qu'avec les conducteurs non susceptibles de devenir magnétiques, cette condition est indispensable. En un mot, tous les corps conducteurs acquièrent, sous l'influence de l'aimant, la pro-

[1] Voyez *Bibl. Univ.* (*Archives des Sc. phys.*, 1847, t. IV, p. 345.)

priété que possèdent naturellement le fer et les autres métaux susceptibles de magnétisme, celle de rendre un son quand ils sont traversés par des courants discontinus.

Telle était la conclusion à laquelle j'étais arrivé dans le travail que je viens de rappeler. Ayant été dernièrement appelé, à l'occasion de recherches d'un tout autre genre, à m'occuper de nouveau de cette question, je me suis demandé si l'on ne pourrait pas donner à mes anciennes expériences une interprétation différente de celle que j'avais admise. En d'autres termes, ne pourrait-on pas expliquer le son rendu dans les circonstances que j'ai indiquées, en l'attribuant simplement à l'action attractive ou répulsive exercée par l'aimant sur le corps conducteur qui transmet le courant. Cette action intermittente, puisque le courant est discontinu, doit déterminer dans ce corps des oscillations de nature à produire un son. Ces oscillations sont parfaitement visibles dans des fils métalliques plus ou moins libres de se mouvoir, et même dans des fils recouverts de soie ou roulés de manière à former une hélice dont les tours ne soient pas très-serrés.

Toutefois un examen plus approfondi de la question m'a prouvé que ce n'était pas dans ce genre d'action qu'il fallait chercher la cause du phénomène. Je vais indiquer brièvement les expériences qui m'ont amené à persister dans ma première opinion, savoir qu'il s'agit d'un effet purement moléculaire.

Je n'insisterai pas sur le fait que des tiges de divers métaux (cuivre, zinc, étain, plomb, bismuth et antimoine) produisent le son dans les conditions voulues, lors même qu'elles ont un, deux et même trois centimètres de diamètre; il est difficile d'admettre que l'attraction ou la répulsion magnétique puisse opérer sur des tiges de cette

dimension des déformations sensibles et par conséquent capables d'y déterminer des vibrations. Le son d'ailleurs ne change pas de caractère avec la dimension de la tige; il est seulement un peu plus ou un peu moins intense.

Les liquides conducteurs présentent le même phénomène que les tiges rigides; c'est ce que j'avais déjà remarqué en opérant avec différentes solutions acides ou salines placées dans des tubes de verre, et avec le mercure. Mais comme on aurait pu croire que le son provenait des fils métalliques servant de réophores destinés à transmettre le courant discontinu dans le liquide, j'ai disposé l'expérience avec le mercure de manière à me mettre tout à fait à l'abri de cette cause d'erreur. J'ai, dans ce but, rempli de mercure un tube de caoutchouc de dix mètres de longueur, en ayant soin de faire plonger chacune de ses deux extrémités dans un flacon plein lui-même de mercure. La transmission du courant à travers la colonne liquide s'effectuait au moyen du mercure des flacons dans lequel plongeait chacun des réophores, de sorte que ceux-ci étaient à une distance de plus de cinq mètres du pôle de l'électro-aimant sur lequel était placée la partie du tube de caoutchouc qui formait le milieu de la longueur totale de dix mètres. Or, le son rendu par cette partie de la colonne de mercure, soumise à l'action de l'aimant, était exactement le même que dans les expériences où le mercure était simplement placé dans une petite auge ou dans un tube de verre sur le pôle de l'électro-aimant; c'est cette portion seule qui donnait un son, le reste du conducteur liquide, qui était hors de l'influence magnétique, n'en rendait point.

J'ai également tassé dans des tubes d'un centimètre de diamètre des poudres métalliques très-fines, cuivre,

zinc, bismuth, antimoine. Placées dans le circuit des courants intermittents, ces poudres métalliques ont rendu, sous l'influence magnétique, le même son que des tiges rigides.

Des fils de platine assez fins pour devenir incandescents par le passage du courant intermittent, des feuilles d'or battu collées sur une lame de verre, ont encore rendu, quoique à un degré d'intensité moindre, le même son.

Enfin j'ai suspendu à un fil de soie très-fin une tige de bismuth d'un centimètre de diamètre et de vingt centimètres de longueur, ayant la forme d'un anneau, et en l'approchant du pôle d'un électro-aimant, j'en ai obtenu un son très-prononcé dès qu'elle était traversée par le courant discontinu ; elle éprouvait bien un mouvement d'oscillation, mais ce mouvement, qui ne pouvait produire un son, était complétement distinct du mouvement vibratoire intérieur.

Bien convaincu que le phénomène est dû à une action moléculaire intestine et non à une action mécanique extérieure, j'ai cherché à l'analyser un peu mieux.

J'ai substitué au rhéotome, soit commutateur de mercure dont je faisais usage, et qui, par un mouvement d'horlogerie, me donnait le même nombre d'intermittences dans un temps donné, un rhéotome à roue dentée au moyen duquel je pouvais avoir, dans le même temps, un nombre très-variable d'intermittences. Puis j'ai placé l'une à la suite de l'autre dans le même circuit, de manière qu'elles fussent en même temps parcourues par le même courant intermittent, deux tiges de même diamètre (1 centimètre) et de même longueur (30 centimètres), mais de nature différente ; elles étaient disposées de manière à pouvoir au besoin reposer chacune sur l'un des pôles de

l'électro-aimant, ou bien de manière que l'une d'elles seulement fût soumise à l'action magnétique. Pour mieux percevoir le son rendu par chaque tige je me suis muni d'un de ces cornets acoustiques qui servent à l'auscultation dans la pratique médicale, et j'appliquais son extrémité libre successivement sur chaque conducteur ou sur chacune de ses parties.

J'ai d'abord soumis à l'expérience deux tiges dont l'une était de fer et l'autre de cuivre ; la première rendait un son très-prononcé hors de toute influence magnétique ; cette influence ne faisait que renforcer le son sans en modifier la nature ; preuve que ces deux sons sont bien dus à la même cause, laquelle ne peut être qu'une action moléculaire intérieure. Le son rendu par la tige de cuivre différait très-peu de celui rendu par la tige de fer ; l'un et l'autre de ces sons étaient tout à fait semblables à celui que rendait la roue dentée qui servait de rhéotome ; c'était également une série de petits chocs métalliques se succédant plus ou moins rapidement suivant que la rotation de la roue était plus ou moins rapide, et produisant, par conséquent, par leur succession un son plus ou moins aigu. Ce son devenait, quand les intermittences se succédaient très-rapidement, tout à fait semblable à celui que rendent les antennes des insectes. L'identité des sons produits par la roue dentée et par les tiges était telle que j'avais d'abord cru que ce n'était pas le son de la tige, mais bien celui de la roue que j'entendais. Mais, outre que la distance à laquelle la roue était placée (elle était dans une autre pièce et à un autre étage de la maison) ne permettait pas une semblable conclusion, le fait que le son cessait dès que l'aimantation était interrompue, lors même que la rotation de la roue dentée continuait à avoir lieu, est une preuve

sans réplique que le son avait bien son origine dans la tige métallique.

En remplaçant la tige de fer par une tige de plomb, j'ai obtenu un son de même nature que celui que rendait la tige de cuivre placée dans les mêmes conditions électriques et magnétiques, mais qui m'a paru, sinon moins intense, du moins plus grave; j'ai obtenu le même résultat avec une tige de bismuth, tandis qu'une tige de zinc m'a donné un son plus semblable à celui que rendait la tige de cuivre. En général les sons rendus par des tiges métalliques de même diamètre et de même longueur semblent varier avec la nature du métal. Ce fait ne semblerait-il pas indiquer le rôle important que joue dans la production du phénomène qui nous occupe la constitution moléculaire du corps?

Dans le but de pénétrer plus avant dans la manière dont se passe le phénomène, j'ai essayé de l'étudier sur des poudres conductrices très-fines, disposées sur des plaques de verre bien polies et bien sèches, et mises dans le circuit au moyen de deux lames de cuivre ou de platine collées sur le verre à une distance de quinze centimètres, distance qui représentait, par conséquent, la longueur de la couche pulvérulente soumise à l'expérience. Vu la grande résistance que présentent les corps très-divisés à la propagation de l'électricité, j'ai dû employer, pour produire le courant intermittent, un appareil de Ruhmkorff dont la décharge traversait une couche d'air raréfiée placée dans le circuit, afin d'éliminer l'un des deux courants induits et de n'en avoir qu'un dirigé constamment dans le même sens. Au premier instant où le courant est transmis, et avant que l'action magnétique ait lieu, on voit une agitation marquée dans la poudre con-

ductrice, effet qui me paraît essentiellement dû à l'électricité statique, mais qui persiste néanmoins lors même que la décharge est régulièrement transmise. Avec des poudres très-fines de cuivre, de zinc et d'autres métaux, on voit même la poudre se partager sur la plaque de verre entre les deux lames métalliques qui servent d'électrodes en petits groupes séparés par des intervalles où il ne reste aucune trace de métal, et présentant un aspect assez analogue à celui des stratifications de la lumière électrique dans les gaz raréfiés.

Au moment où l'on aimante l'électro-aimant sur le pôle duquel est placé la plaque de verre où se trouve la poudre conductrice, l'aspect change tout à fait et un mouvement de trépidation très-prononcé se fait sentir dans toute la masse mobile.

La substance qui permet le mieux d'observer ces mouvements est de la poudre fine de charbon de coke. Il faut avoir soin d'en placer entre les deux électrodes métalliques fixées aux extrémités de la lame de verre une couche assez épaisse pour que, sous l'influence de l'électricité statique, elle ne présente pas les solutions de continuité dont nous avons parlé. On en fait un petit tas ayant la forme d'un prisme triangulaire dont la base repose sur la lame de verre et dont l'arête est en haut. Au moment où l'on fait passer le courant Ruhmkorff à travers ce tas, en ayant eu soin de mettre dans le circuit, comme nous l'avons dit, une couche d'air raréfié, on voit dans la poudre de coke une petite agitation qui ne dure qu'un instant ; mais dès qu'on aimante l'électro-aimant sur le pôle duquel la lame de verre est placée, un mouvement oscillatoire très-prononcé se manifeste sur les bords du tas : ce sont comme de petites vagues formées de la partie

la plus fine de la poussière de coke qui vont et viennent des deux côtés du tas. En même temps toute la masse du coke rend un son prononcé qui cesse immédiatement avec l'aimantation. Si la couche de charbon n'est pas épaisse et suffisamment compacte, on aperçoit dans l'obscurité de petites étincelles qui jaillissent entre les particules. Dans ce cas on entend un bruit très-distinct, lors même qu'il n'y a pas d'action magnétique : mais le bruit devient beaucoup plus intense dès que cette action a lieu. Il est très-probable que lorsqu'il n'y a pas d'étincelles visibles, parce que les particules du coke sont trop rapprochées, il y a toutefois de petites décharges entre elles du même genre, et qui donnent un son sous l'influence de l'aimantation. Il arrive même souvent que cette influence rend ces décharges lumineuses, et que dès qu'elle cesse, elles redeviennent obscures.

Je suis donc conduit par ce qui précède à admettre que, d'une manière générale, dans tous les corps conducteurs, qu'ils soient compactes ou en poudre, solides, liquides ou gazeux, la propagation de l'électricité s'y fait par des décharges moléculaires analogues à de petits arcs voltaïques tantôt lumineux, tantôt obscurs, suivant l'intensité de l'électricité, la masse du corps et son degré plus ou moins grand d'agrégation. L'incandescence d'un fil métallique, produite par la transmission d'un courant ou d'une décharge, ne serait qu'un cas particulier du phénomène général.

Sous l'influence d'une forte action magnétique extérieure, les particules entre lesquelles les décharges s'opèrent se déplacent en s'orientant d'une manière particulière. Mais si les décharges ou l'action magnétique sont discontinues, ce déplacement, soit cette orientation, alterne

avec le retour des particules à leur position naturelle. Il en résulte alors un mouvement oscillatoire qui donne naissance au son qu'on entend dans ce cas.

Je dois encore remarquer que les décharges de la machine de Ruhmkorff produisent, en traversant les tiges métalliques sous l'action de l'aimant, le même son que lorsqu'elles traversent les mêmes métaux en poudre ; pourvu toujours que, pour éliminer l'un des courants induits, on ait soin de faire traverser à ces décharges une couche d'air raréfié mise dans le circuit ; mais il ne faut pas que cette couche soit trop raréfiée, parce que le son est alors beaucoup moins prononcé ; il suffit d'avoir un vide de cinq à six millimètres. Cela prouve que le son tient bien aux décharges qui ont lieu entre les particules. Ajoutons encore que, avec les courants de la machine de Ruhmkorff, on perçoit déjà un son avant l'aimantation, au moins dans bien des cas ; l'aimantation ne fait que le renforcer. Enfin dans ce cas, comme dans les précédents, l'intensité et la nature du son varient avec les métaux employés ; il semblerait que ce sont ceux dont les molécules sont les plus distantes, ou qui ont une structure cristalline, comme le bismuth et l'antimoine, qui donnent les sons les plus prononcés. Les courants de l'appareil Ruhmkorff doivent être préférés dans ce genre d'expériences, non-seulement quand il s'agit des corps en poudre, mais aussi quand les corps conducteurs ont de très-petites dimensions, tels que des fils très-fins ou des lames très-minces comme celles d'or battu.

DÉTERMINATION

DES

FORCES ÉLECTROMOTRICES

PAR

M. W. HANKEL [1]

Le premier mémoire que j'ai publié sur ce sujet dans les Mémoires de la Société de Saxe [2], était relatif à la détermination des différences électromotrices qui existent entre les divers métaux, et aux modifications que subissent à cet égard les surfaces métalliques décapées lorsqu'elles sont exposées à l'influence de l'air. Dans la seconde partie de mes recherches que je publie aujourd'hui, je m'occupe de la détermination des forces électromotrices engendrées par le contact des métaux avec l'eau distillée, ainsi que des modifications qu'elles éprouvent quand ce contact se prolonge. Je me bornerai ici à un extrait abrégé de mes observations des résultats généraux qui en découlent.

Dans l'étude des forces électromotrices entre l'eau et les métaux j'ai eu souvent l'occasion de déterminer à nouveau les tensions des métaux. Ainsi j'ai trouvé qu'une plaque de cadmium, martelée de manière à en augmenter le diamètre, était plus facile à décaper par-

[1] Traduction d'un extrait inséré dans les *Annales de Poggendorff*, t. CXXVI, p. 286.

[2] Voyez *Archives*, 1862, t. XIII, p. 333.

faitement en raison de sa plus grande densité, et occupait par suite, dans l'ordre des tensions, une place un peu plus rapprochée du zinc qu'auparavant. Des plaques d'acier et de fonte de fer éprouvent une modification dans le même sens lorsqu'on les use de manière à enlever une couche superficielle de $^1/_2$ à 1 millimètre d'épaisseur. On a reconnu aussi que la plaque d'étain, qui avait servi dans les précédentes expériences, contenait du plomb et du zinc ; une nouvelle plaque d'étain, d'une pureté aussi parfaite que possible, a présenté à l'égard du zinc une tension deux fois plus grande que celle indiquée précédemment. La position de l'or enfin a été déterminée d'une manière plus exacte à l'aide d'une nouvelle plaque.

L'introduction du mémoire contient l'exposé de ces perfectionnements apportés à mes premières déterminations et la description d'un procédé qui permet d'éliminer complétement l'influence perturbatrice de l'électricité de la chambre où l'on opère.

Le tableau suivant contient les valeurs rectifiées des différences électriques [1] des divers métaux pour des surfaces polies ainsi que pour des surfaces limées, cas qui présente de l'intérêt au point de vue de la réaction de l'eau et des métaux limés.

[1] Voyez, *Archives*, 1862, tome XIII, p 338, le tableau que l'auteur avait primitivement donné. L'intervalle entre le cuivre et le zinc ou leur différence électrique est représentée par 100, et pour éviter les nombres négatifs, on a désigné le zinc par 200 et le cuivre par 100.
(*Réd.*)

MÉTAUX.	RANG DANS L'ORDRE DE TENSION	
	à surface polie.	à surface limée.
Aluminium	220	209
Zinc	200	192
Cadmium	181	175
Thallium [1]		
Plomb	156	151
Etain	149	145
Antimoine	131	131
Bismuth	130	118
Argentan	125	
Laiton	122	
Mercure	119	
Fer	116	
Acier / Fonte de fer	116—108	
Cuivre	100	
Or	90	
Palladium	85	
Argent	82	
Coke	78	
Platine	77	

Quant aux déterminations des forces électromotrices entre l'eau et les métaux, j'ai principalement employé l'appareil qui avait servi aux mesures des différences électriques des métaux; le plateau inférieur du condensateur avait seulement remplacé par un entonnoir rempli d'eau et dont le bord usé et aplani avait exactement la même dimension périférique que le plateau supérieur du condensateur. A l'extrémité inférieure de l'entonnoir était adapté un tube recourbé et redressé verticalement dans lequel on plongeait le métal dont on voulait déterminer la tension au contact de l'eau. Voici

[1] Le rang du thallium a été obtenu d'après sa manière d'être avec l'eau.

maintenant quelle était la marche de l'opération : on posait en premier lieu sur le bord de l'entonnoir une plaque de zinc fraîchement polie, puis une plaque semblable de cuivre, ensuite après avoir enlevé cette dernière et rempli l'entonnoir avec de l'eau distillée, par exemple, on plongeait dans le liquide du tube latéral un morceau de cuivre récemment poli. Or comme dans chacune de ces trois alternatives on avait mesuré la charge du plateau supérieur du condensateur, d'après le procédé suivi dans la détermination des différences électriques des métaux, on possédait toutes les données nécessaires pour calculer d'abord la tension entre le zinc et le cuivre (*Zn* C*u*), prise pour unité, et ensuite pour exprimer à l'aide de cette unité la tension de l'eau en présence du cuivre. Le même procédé a été suivi à l'égard des autres métaux.

Eau et cuivre. La tension de l'eau au contact du cuivre fraîchement poli est de +0,09 (Z*n* C*u*) au moment de l'immersion ; elle passe ensuite, par une variation rapide au commencement et qui se ralentit peu à peu, à la valeur —0,08 (Z*n* C*u*). Cette dernière valeur, qui est atteinte au bout de dix minutes, ne se modifie pas sensiblement pendant les premières heures suivantes ; mais après un contact d'un jour la tension de l'eau devient encore un peu plus négative, —0,10 à —0,11 (Z*n* C*u*).

Au contact du cuivre limé l'eau donne dès l'instant de l'immersion la tension —0,06 (Z*n* C*u*), qui, dans les dix minutes suivantes s'élève à — 00,8 ou —0,09 (Z*n* C*u*).

L'eau au contact de cuivre poli, mais exposé ensuite à l'air, présente, au moment de l'immersion, suivant la durée de l'exposition à l'air, ou une faible tension positive ou même une tension négative qui peut s'élever à —0,07

(*Zn Cu*) quand l'exposition préalable à l'air s'est prolongée pendant deux semaines; elle ne tarde pas à atteindre la valeur constante de —0,08 (*Zn Cu*).

Si l'on sort de l'eau un morceau de cuivre qui y a plongé plus de dix minutes, et si on le replonge quelques minutes plus tard, on obtient de nouveau au moment de l'immersion —0,08 (*Zn Cu*). Mais si le morceau de cuivre sorti de l'eau reste longtemps exposé à l'air, on trouve ensuite à l'immersion une tension de l'eau plus élevée de plusieurs centièmes [après six jours on a obtenu une fois —0,14 (*Zn Cu*)]; cette tension retombe peu à peu, dans l'espace de dix à vingt minutes, à la valeur constante —0,08 (*Zn Cu*).

Lorsque l'eau a acquis en présence du cuivre poli la tension constante de —0,08 (*Zn Cu*), un mouvement imprimé à ce dernier la fait tomber à —0,04 ou —0,02 (*Zn Cu*) [1].

Eau et platine. La tension de l'eau au contact du platine récemment poli est à l'immersion de +0,14 (*Zn Cu*); elle est réduite à —0,11 (*Zn Cu*) au bout de dix ou vingt minutes (selon la nature de l'eau distillée et de la surface du métal), et atteint, dans le laps de dix à vingt autres minutes la valeur-limite de —0,19 (*Zn Cu*).

A l'égard du platine limé, l'eau dénote dès le moment de l'immersion une forte tension négative de —0,09 (*Zn Cu*).

L'exposition à l'air d'une surface de platine polie ne paraît pas produire un changement appréciable dans la

[1] Toutes les fois que dans la suite on ne mentionne pas d'expériences sur l'agitation des métaux, c'est une indication que le mouvement de ces métaux n'avait pas produit de changement appréciab dans leur tension à l'égard de l'eau.

tension de l'eau au contact de cette surface. Mais lorsque le platine a été plongé dans l'eau avant l'exposition à l'air, il en résulte un changement notable : la tension de l'eau en présence de ce morceau de platine est à peu près égale à zéro, au moment de l'immersion.

La tension de l'eau à l'égard du platine poli et chauffé ensuite au rouge, est plus ou moins négative au moment de l'immersion (selon le degré de l'incandescence) ; cette tension négative augmente immédiatement après l'immersion, dépasse de quelques centièmes la valeur limite indiquée plus haut et retombe ensuite peu à peu au bout d'un certain temps à cette limite.

Eau et argent. La tension de l'eau au contact de l'argent bien poli est de +0,08 ($Zn\,Cu$) [à une température inférieure elle est égale à zéro ou même à —0,02 ($Zn\,Cu$)], et elle arrive au bout de dix à vingt minutes à —0,07 ($Zn\,Cu$).

Vis-à-vis de l'argent limé l'eau se montre au moment de l'immersion de quelques centièmes moins négative qu'après un contact de vingt minutes.

Lorsque l'argent a été plongé un certain temps dans l'eau, et exposé ensuite pendant plusieurs jours à l'air, on observe à l'immersion une tension de l'eau un peu plus négative, de —0,08 à —0,09 ($Zn\,Cu$), qui toutefois ne tarde pas à tomber à —0,07 ($Zn\,Cu$).

La tension de l'eau vis-à-vis de l'argent qui a été chauffé au rouge est fortement négative ; elle s'élève à —0,14 et même à —0,20 ($Zn\,Cu$) et baisse ensuite peu à peu.

Eau et or. Au contact d'or bien poli, l'eau présente à l'immersion une tension de +0,10 ($Zn\,Cu$) et même de +0,15 ($Zn\,Cu$) ; mais au bout de dix à vingt minutes

elle est de —0,16 (*Zn Cu*). Une petite tige d'or polie qui a été exposée un certain temps à l'air, ou bien qui a été plongée dans l'eau quelques jours auparavant, ou qui a été préalablement chauffée au rouge, produit dès son immersion dans l'eau une tension de cette dernière qui est plus ou moins fortement négative.

L'eau se comporte d'une manière particulière au contact de l'or limé. Au moment de l'immersion du métal, elle est presque aussi positive qu'à l'égard de l'or poli [+0,07 à +0,09 (*Zn Cu*)]; cette tension positive s'abaisse graduellement jusqu'à zéro ou même jusqu'à être négative; après cela elle oscille du côté positif pour retourner de nouveau dans le sens négatif dans lequel elle augmente lentement jusqu'à atteindre —0,02 (*Zn Cu*) au bout d'une heure.

Eau et palladium. La tension de l'eau à l'égard de palladium fraîchement poli (mais qui n'acquérait qu'un médiocre degré de poli en raison de la finesse du fil employé) s'est élevée au moment de l'immersion, en moyenne, à +0,04 (*Zn Cu*); après dix minutes elle était —0,15 (*Zn Cu*) et une demi-heure plus tard —0,23 (*Zn Cu*).

L'eau est assez fortement négative [—0,09 (*Zn Cu*)] dès l'immersion quand le palladium, après avoir été poli, est préalablement exposé quelque temps à l'air ou plongé pendant quelques jours dans l'eau.

Au contact de palladium chauffé dans la flamme de l'appareil à gaz à double courant de Bunsen, la tension de l'eau est à l'immersion de —0,09 (*Zn Cu*); au bout de dix minutes elle est —0,12 (*Zn Cu*). Si l'on approche le fil de palladium fraîchement poli de la partie supérieure de la flamme, de manière à ce qu'il arrive au rouge sombre seulement et qu'il paraisse d'un bleu intense après

le refroidissement, la tension de l'eau à l'immersion de ce fil est —0,23 (*Zn Cu*) et —0,26 (*Zn Cu*) après dix minutes.

L'eau se comporte à l'égard du palladium limé à peu près comme l'or limé : au moment de l'immersion du métal l'eau est, il est vrai, déjà négative ; mais cette tension négative diminue d'abord jusqu'à devenir positive, et augmente ensuite de nouveau dans le sens négatif jusqu'à ce qu'au bout d'une heure elle atteigne la même valeur qu'à l'égard du palladium poli.

Eau et argentan. La tension de l'eau au contact de l'argentan poli est à l'immersion +0,08 (*Zn Cu*) ; dix minutes après elle devient —0,21 (*Zn Cu*) et atteint plus tard —0,33 (*Zn Cu*). L'argentan limé se comporte à l'immersion à peu près comme l'argentan poli ; mais à partir de ce moment la tension de l'eau, à l'égard de l'argentan limé, se modifie moins vite qu'avec le métal poli.

L'eau est fortement négative à l'immersion en présence de l'argentan qui a été exposé à l'air ; cette tension négative devient encore plus forte lorsque l'argentan a été plongé un certain temps dans l'eau avant de l'exposer à l'air.

Eau et laiton. La tension de l'eau à l'égard du laiton fraîchement poli est à l'immersion +0,08 (*Zn Cu*), et passe rapidement au sens négatif ; au bout de dix minutes elle est —0,28 (*Zn Cu*) et au bout d'une heure —0,30 (*Zn Cu*).

Une petite tige de laiton poli qui a été exposé à l'air un certain temps, communique à l'eau dès l'immersion une forte tension négative. Si la tige, avant l'exposition à l'air, a été longtemps au contact de l'eau, la tension

de l'eau devient à l'immersion —0,40 (*Zn Cu*) et s'abaisse au bout de dix minutes à —0,28 (*Zn Cu*).

En présence du laiton limé l'eau prend une tension légèrement plus positive qu'en présence du laiton poli; mais elle se modifie beaucoup plus lentement qu'avec le métal poli.

Eau et fer. Au moment de l'immersion une tige fraîchement polie communique à l'eau la tension +0,09 (*Zn Cu*) qui diminue un peu immédiatement après, puis augmente rapidement et devient au bout de une minute et demie +0,16 (*Zn Cu*), et au bout de dix minutes +0,27 (*Zn Cu*). Du reste, ces modifications dépendent beaucoup de la nature de l'eau et de la surface du fer.

Le fer qui a été exposé longtemps à l'air communique à l'eau à l'immersion une tension négative [par exemple —0,16 (*Zn Cu*)] qui devient rapidement positive. Un morceau de fer qui a été plongé dans l'eau après l'exposition à l'air, se comporte de la même manière, seulement, au moment de l'immersion, la tension négative de l'eau est beaucoup plus forte [par exemple —0,29 (*Zn Cu*)].

L'agitation diminue la tension positive de l'eau à l'égard du fer immergé depuis dix à vingt minutes. Ce changement, qui est en sens inverse de celui qu'éprouve le cuivre, s'élève à —0,17 (*Zn Cu*); il disparaît lentement quand le mouvement cesse.

La fonte de fer se comporte à l'immersion à peu près comme le fer forgé, mais la tension positive croît plus rapidement. Avec l'acier fondu trempé la diminution de la tension positive de l'eau à l'immersion se montre très-nettement. Cette tension arrive à zéro et même à —0,02 (*Zn Cu*), et reste stationnaire à cette valeur jusqu'à ce que l'acier commence à se recouvrir d'une couche brune

d'oxyde hydraté ; dès lors la tension positive recommence à croître.

Eau et bismuth. Au contact du bismuth poli l'eau acquiert à l'immersion une tension négative —0,03 ($Zn\,Cu$), qui s'élève au bout de dix minutes à —0,20 ($Zn\,Cu$) et reste à cette valeur pendant la première heure. Par l'exposition à l'air et surtout par l'immersion préalable dans l'eau, la tension négative est considérablement rehaussée.

Le bismuth limé communique à l'eau dès l'immersion une tension négative de —0,10 à —0,12 ($Zn\,Cu$).

Eau et antimoine. La tension de l'eau à l'égard de l'antimoine fraîchement poli est à l'immersion +0,03 ($Zn\,Cu$); dix minutes après elle est —0,06 ($Zn\,Cu$) et reste stationnaire à ce point pendant l'heure qui suit.

Quand le métal a été préalablement exposé à l'air, la tension de l'eau au moment de l'immersion apparaît, selon les circonstances, très-faiblement positive, ou même négative ; peu de temps après elle commence à se modifier dans le sens positif; puis après quelques moments elle revient dans le sens négatif.

Eau et étain. A l'immersion l'eau accuse au contact de l'étain récemment poli la tension +0,04 ($Zn\,Cu$) qui se change au bout de dix minutes en —0,15 ($Zn\,Cu$).

Avec l'étain limé la tension de l'eau à l'immersion est —0,02 ($Zn\,Cu$) ; cette tension négative augmente dans la suite plus lentement qu'avec le métal poli.

Lorsque l'étain a été exposé à l'air, et surtout s'il a été plongé dans l'eau, la tension de l'eau devient négative au moment de l'immersion, et cela, selon les circonstances, d'une manière très-prononcée [—0,27 ($Zn\,Cu$)] ; avec le métal ainsi préparé la tension négative est encore plus

considérable dix minutes après l'immersion [elle peut aller à —0,50 (*Zn Cu*)].

Eau et plomb. Le plomb qui vient d'être limé communique à l'eau dès l'immersion la tension —0,06 (*Zn Cu*), qui s'élève peu à peu à —0,07 et —0,08 (*Zn Cu*).

Quand le plomb a été exposé à l'air, ou s'il a été en outre mis en contact avec l'eau, on obtient dès l'immersion pour l'eau une tension négative plus grande, —0,14 (*Zn Cu*), qui, au bout de quelques minutes, s'abaisse à —0,07 (*Zn Cu*).

Eau et cadmium. Fraîchement poli le cadmium communique à l'eau au moment de l'immersion la tension —0,16 (*Zn Cu*), qui, au bout de dix minutes, s'élève à —0,24 (*Zn Cu*) et atteint après un jour —0,27 (*Zn Cu*). Avec le cadmium limé la tension de l'eau est à l'immersion —0,22 (*Zn Cu*).

Quand il a été préalablement exposé à l'air l'eau acquiert au contact de ce cadmium une tension négative un peu plus élevée.

Par l'agitation d'une tige de cadmium, après une immersion de dix minutes, la tension négative de l'eau à l'égard du métal est diminuée de 0,03 à 0,07 (*Zn Cu*).

Eau et zinc. A l'immersion du zinc fraîchement poli la tension de l'eau est —0,16 (*Zn Cu*); elle s'élève ensuite à —0,26 (*Zn Cu*) et même au-dessus, puis retombe au bout de dix à vingt minutes à —0,16 et quelquefois, seulement, à —0,20 (*Zn Cu*).

Au contact du zinc limé la tension de l'eau est —0,28 et —0,30 (*Zn Cu*); elle s'abaisse au bout de dix à vingt minutes à —0,12 ou —0,10 (*Zn Cu*).

Quand le zinc a été exposé à l'air et surtout quand il a été plongé dans l'eau auparavant, la tension de l'eau

devient très-fortement négative dès l'immersion [jusqu'à —0,45 (*Zn* Cu)].

Lorsqu'on emploie un morceau de zinc qui a été amalgamé sans le secours d'aucun liquide, la tension de l'eau au moment de l'immersion est —0,06 (*Zn* Cu) et passe à 0,22 (*Zn* Cu) au bout de dix minutes.

Par l'agitation d'un morceau de zinc poli et amalgamé, qui plonge depuis plus de dix minutes, la tension négative s'élève —0,16 (*Zn* Cu); l'effet est ici à peu près le même et dans le même sens qu'avec le fer.

Eau et aluminium. La tension de l'eau à l'égard d'aluminium aussi bien poli que possible, est à l'immersion —0,12 (*Zn* Cu): après dix minutes elle devient —0,74 (*Zn* Cu) et après le premier jour elle s'est élevée à —1,06 (*Zn* Cu).

Préalablement exposé à l'air, et surtout à l'action de l'eau, l'aluminium communique à l'eau, dès l'immersion et selon les circonstances, une tension de —0,65 à —0,82 (*Zn* Cu).

Eau et charbon. La tension de l'eau à l'égard du coke de gaz ou du graphite de Ceylan, est négative dès l'immersion [—0,16 à —0,24 (*Zn* Cu)]; elle diminue par un contact prolongé.

Eau et thallium. Le thallium se rapproche du plomb dans son action chimique sur l'eau. Si l'on compare les tensions de l'eau au contact du plomb et du thallium, la place du thallium dans l'ordre de tension se trouve entre le cadmium et le plomb.

Les résultats numériques contenus dans le mémoire fournissent les données nécessaires pour calculer, dans certaines circonstances, les tensions que fait naître l'immersion simultanée ou successive de deux morceaux du

même métal ou de deux métaux différents, ainsi que les renversements qui peuvent se produire après l'immersion; en outre ils donnent la possibilité de résoudre les deux questions suivantes : Quelles sont les tensions que présente l'eau au moment du contact avec les métaux bien décapés, et quelles sont les causes qui amènent les changements dans les tensions du premier moment ? Je me bornerai à donner ici les résultats généraux, dont les preuves détaillées sont consignées dans le mémoire.

Les expériences prouvent que tous les métaux récemment décapés communiquent à l'eau au moment du premier contact la même tension que l'or et le platine, savoir environ +0,14 (*Zn Cu*).

L'action de l'oxygène sur les surfaces métalliques diminue cette tension positive et la change en tension négative. Ce passage s'effectue si rapidement avec les métaux situés le plus près de l'extrémité positive de l'ordre de tension, qu'en observant même pendant que l'immersion s'opère on trouve déjà une tension négative.

L'oxygène n'entre pas en combinaison avec les métaux nobles, le platine, par exemple; quand on sort le métal de l'eau, l'oxygène s'en sépare, sinon en totalité, du moins en partie, tandis qu'avec les autres métaux la combinaison est durable.

L'eau présente à l'égard des oxydes de ces métaux la même tension qu'avec les métaux bien décapés. En effet, si l'on retranche des tensions observées dix à vingt minutes après l'immersion dans l'eau d'un métal oxydable, les modifications qu'éprouvent les métaux récemment décapés par l'oxydation à l'air, on obtient à peu de chose près les mêmes valeurs positives que pour la tension de l'eau à l'égard des oxydes; ces valeurs sont en outre très-rap-

prochées de celles qui représentent les tensions de l'eau au moment de l'immersion d'un métal noble.

L'action de l'oxygène sur les surfaces limées produit des modifications bien plus rapides que sur des surfaces polies, parce qu'elles offrent beaucoup plus de points d'attaque au milieu ambiant liquide ou gazeux. Les métaux oxydables ont en outre éprouvé préalablement une oxydation plus ou moins considérable par l'élévation de température qui accompagne l'opération du limage, ainsi que le prouvent les propriétés des plateaux limés du condensateur.

Pour tous les métaux qui ont été nommés dans cette notice, à l'exception du zinc et du fer, la tension positive passe au sens négatif, ou bien, la tension négative du premier moment croît jusqu'à un certain maximum où elle reste stationnaire. Pour le fer et le zinc, au contraire, la tension négative qui se présente au moment de l'immersion ne tarde pas à se changer dans le sens opposé (positif). Ce changement est dû à un dégagement d'hydrogène qui recouvre la couche d'oxyde. Ces deux métaux sont les seuls, parmi ceux qui ont été examinés, qui possèdent la propriété de décomposer l'eau par eux-mêmes (?) ou avec l'aide d'acides dilués.

La diminution de la tension positive de l'eau, qu'on observe lorsque dix minutes après l'immersion du fer on agite ce dernier, et qui atteint ainsi —0,17 (Z*n* C*u*), et l'augmentation pareille de la tension négative de l'eau à l'égard du zinc dans les mêmes circonstances, sont dues à l'éloignement de l'hydrogène occasionné par le mouvement du métal.

Quand on plonge dans l'eau des métaux dont la surface a été oxydée préalablement par l'exposition à l'air, c'est-

à-dire qui ne sont pas fraîchement décapés, la tension de l'eau à l'immersion est modifiée dans le sens négatif d'une quantité égale à la différence de tension entre la couche d'oxyde et le métal fraîchement poli.

Des métaux oxydables qui après l'immersion dans l'eau sont exposés un certain temps à l'air, se recouvrent d'une couche mince d'un sel. Au moment de l'immersion la tension de l'eau paraît ordinairement plus négative, qu'avec des métaux polis dix minutes après l'immersion. Si cette couche peut se dissoudre, la tension s'abaisse au bout de quelque temps et atteint la même valeur que celle produite par des surfaces fraîchement polies dix minutes après leur immersion. Quand l'immersion des métaux dans l'eau se prolonge plusieurs jours, les sels qui se produisent occasionnent aussi des changements dans les tensions.

Le mémoire se termine par une expérience qui prouve que la première méthode pour déterminer la tension de l'eau à l'égard d'un métal et qui consiste à laisser absorber l'eau par du papier, conduit à des résultats inexacts, parce que l'eau accuse aussi une tension à l'égard du papier mouillé. Cette dernière s'est élevée à —0,13 (*Zn* C*u*) avec du papier à filtre suédois mouillé.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Dr W. von Bezold. Du crépuscule. (*Philos. Magaz.*, décembre 1865.)

Malgré tout ce qui a été déjà écrit sur le crépuscule, l'auteur estime, d'après ses propres observations poursuivies pendant près d'une année dans des conditions favorables, qu'aucune des théories données sur ce phénomène n'est satisfaisante.

Il existe dans le crépuscule deux périodes distinctes et successives présentant chacune un segment obscur et un segment lumineux où l'on remarque la teinte brillante du crépuscule et la lumière pourpre au-dessus. Les deux périodes empiétent l'une sur l'autre, de manière que le commencement de la seconde coïncide approximativement avec la fin de la première moitié de la première période. La même apparence qui se montre au coucher du soleil a lieu également à son lever, mais dans un ordre inverse. L'auteur a observé avec beaucoup de soin ces deux périodes et leurs différentes phases.

La première lumière pourpre commence par une teinte délicate qui se montre à 25° au-dessus de l'horizon au moment où la teinte crépusculaire commence ; elle atteint son maximum quand le soleil est à 4°,20′ au-dessous de l'horizon; elle forme un disque dont le rayon atteint une valeur de 30° et dont le centre est environ à 15° au-desssus de l'horizon.

Au moment où cette lumière pourpre, qui, soit dit en passant, ne présente aucune trace de polarisation, atteint son maximum d'intensité, les objets situés à l'ouest et qui, immé-

diatement après le coucher du soleil, paraissaient tout à fait pâles et sans couleur, reparaissent éclairés d'une teinte rose assez brillante pour être sensible même dans des rues étroites où le ciel est à peine visible. C'est à cette cause qu'est due la seconde coloration des Alpes et en particulier du Mont-Blanc, comme dans la vallée de Chamounix où l'on observe trois apparences successives qui ont chacune leur nom, savoir : la coloration brillante, suivie de la teinte cadavéreuse, après laquelle vient la seconde coloration, soit résurrection, enfin l'extinction totale.

Le moment où a lieu la disparition complète de la lumière pourpre est accompagné d'une diminution très-notable de la lumière du jour: c'est probablement pourquoi ce moment est celui qui est regardé comme la fin du crépuscule, c'est-à-dire réellement la fin de la portion du crépuscule pendant laquelle les occupations ordinaires peuvent être continuées sans le secours de la lumière artificielle.

Mais il existe en fait, comme nous l'avons dit, une seconde apparence semblable à la première à laquelle elle succède et qui suit les mêmes phases. Il résulte d'un grand nombre d'observations que le moment où a lieu le maximum d'intensité de la seconde lumière pourpre, correspond à une dépression du soleil au-dessous de l'horizon qui est à celle pour laquelle a lieu le maximum de la première lumière pourpre comme 2, 2 : 1. Cette seconde lumière pourpre est accompagnée d'un nouvel éclairement des objets situés dans des conditions favorables, et qui produit sur les Alpes une troisième coloration (*second afterglow*) qu'on observe quelquefois.

La seconde comme la première lumière pourpre éprouvent des changements qui amènent aussi la formation d'un second segment brillant qui disparaît à son tour au-dessous de l'horizon, ce qui met complétement fin au crépuscule ; à ce moment la dépression du soleil au-dessous de l'horizon est d'environ 17°.

L'auteur termine par quelques considérations sur la cause des effets lumineux qui accompagnent et constituent le phénomène du crépuscule. Il montre qu'ils sont difficiles à concilier avec la supposition qu'ils sont dus à une ou deux réflexions de la lumière solaire aux limites de l'atmosphère, réflexions dont les effets devraient dépendre de la position du soleil et de la hauteur de l'atmosphère ; or l'observation donne des résultats qui ne s'accordent point avec cette explication, car elle conduit à des valeurs différentes pour la hauteur absolue de l'atmosphère et qui vont en croissant à mesure qu'on prend pour les calculer les apparences successives.

L'auteur montre encore que les effets de seconde coloration des montagnes et des objets situés sur la terre ne sont point un effet de contraste, puisque cette coloration demeure la même, lors même qu'on n'aperçoit aucune partie du ciel. Il estime que tous ces phénomènes tiennent à un problème de photométrie, c'est-à-dire qu'ils dépendent de l'éclairement des particules de l'air combiné avec la faculté absorbante de l'atmosphère et avec la position de l'œil de l'observateur.

Tout en admettant le point de vue de l'auteur, c'est-à-dire en estimant avec lui la grande influence que doit avoir, dans les phénomènes dont il s'agit, l'éclat lumineux que peuvent acquérir les particules de l'air quand la lumière solaire les atteint sous l'empire de certaines conditions, il nous est impossible de ne pas croire que la réflexion spéculaire y joue un rôle, car sans cela on ne verrait pas ces successions de segments brillants et obscurs, de segments d'une lumière bleue-jaunâtre et d'une lumière pourpre, dont l'apparition alternative est liée avec les différentes positions du soleil au-dessous de l'horizon.

J'avais moi-même montré la nécessité d'admettre cette réflexion régulière pour expliquer la seconde coloration du Mont-Blanc, réflexion qui s'opère dans l'atmosphère à une hauteur qui doit varier suivant la température et l'état d'hu-

midité de l'air, ce qui fait que la seconde coloration ne correspond pas toujours exactement à une même dépression du soleil au-dessous de l'horizon[1]. On conçoit la possibilité d'une seconde réflexion qui explique la troisième coloration, laquelle est nécessairement beaucoup plus faible. Qu'à ces réflexions spéculaires se joigne une réflexion rayonnante due à l'illumination des particules aériennes, c'est fort possible et même probable, mais il faut plus que cela pour expliquer les périodes successives.

Quoi qu'il en soit, il y a un point acquis, point que j'avais déjà cherché à établir par des observations directes, c'est que tous ces phénomènes lumineux, et en particulier celui des secondes colorations qui suivent le coucher du soleil, ne sont point des phénomènes de contraste, mais bien des phénomènes physiques réels et directs. Quant à la manière exacte dont ils ont lieu, il y a encore, je le reconnais, des points à éclaircir, points qui se lient à la question plus générale du jeu de la lumière dans l'atmosphère considérée sous le triple rapport de son pouvoir absorbant, de son pouvoir réfléchissant et de son pouvoir lumineux.

A. D. L. R.

J. TYNDALL. SUR LE THERMOMÈTRE A BOULE NOIRCIE. (*Philosophical Magazine*, mars 1866.)

Dans le numéro de février du *Philosophical Magazine*, M. Wilson discute une observation faite par M. Glaisher à l'occasion de ses ascensions en ballon, et dont il résulterait que la différence entre les indications d'un thermomètre à boule noircie exposé aux rayons directs du soleil, et celles d'un autre thermomètre dont la boule est mise à l'abri de l'action directe de ces rayons, au lieu d'augmenter lorsqu'on s'élève, ainsi que l'on devait s'y attendre, diminue, au contraire, à

[1] Voyez *Bibliothèque Universelle*, 1839, tome XXIII, p. 383, et tome XXIV, p. 200.

mesure qu'on s'éloigne de la surface de la terre, et cela sans limite constatée jusqu'ici. En supposant, ajoute M. Wilson, une figure dans laquelle les abscisses représenteraient les températures, et les ordonnées les hauteurs au-dessus de la mer, les indications de chacun des deux thermomètres seraient représentées, celles du premier par une ligne inclinée presque droite, et celles du second par une courbe coupant la ligne des abscisses à quelque distance de la première, et s'en rapprochant constamment, comme une hyperbole de son asimptote, à mesure qu'on s'élève. M. Wilson tire du fait ci-dessus, qu'il regarde comme démontré par de nombreuses observations, les conséquences suivantes :

1° La chaleur provenant directement du rayonnement solaire diminue à mesure qu'on s'élève au-dessus de la terre, et s'il était possible de répéter l'observation en dehors de l'atmosphère terrestre, les deux thermomètres indiqueraient l'un et l'autre la même basse température.

2° Toutes les conjectures sur l'état de la surface de la lune, et qui représentent cette surface comme exposée tour à tour à une très-forte chaleur et à un froid non moins intense, tombent d'elles-mêmes. Si la lune n'a pas d'atmosphère, la température des deux surfaces obscure et brillante de la demi-lune doit être identique.

3° M. Wilson conclut de ce qui précède, qu'au fait déjà connu, que l'atmosphère et la vapeur aqueuse qui y est répandue conservent à la terre sa chaleur en interceptant le rayonnement, il faut ajouter ce fait nouveau et que personne ne soupçonnait, savoir que, sans la présence de l'atmosphère en plus ou moins grande quantité, la terre n'aurait pas de chaleur à perdre. Il en tire aussi la conséquence que les conjectures hasardées jusqu'ici sur les températures des autres planètes doivent être regardées comme très-incertaines, à cause de l'influence de leurs atmosphères respectives.

M. Tyndall, dans une note insérée dans le numéro de mars du même journal, combat les conclusions de M. Wilson qu'il

regarde comme beaucoup trop hasardées. Il semblerait, en effet, résulter des conséquences tirées de l'observation de M. Glaisher que, comme le fait remarquer M. Tyndall, ce qui est calorique dans notre atmosphère ne l'est plus dans les espaces interplanétaires, qu'il y a quelque chose émis par le soleil capable de réchauffer un corps entouré d'une atmosphère, mais qui ne peut plus le réchauffer si cette atmosphère manque. En d'autres termes, suivant M. Wilson, une atmosphère planétaire aurait la faculté de convertir en chaleur un agent qui, avant de l'avoir pénétré, n'est pas de la chaleur, et ce pouvoir de transmutation, s'il existait à un très-haut degré, pourrait élever à une haute température les planètes les plus éloignées. M. Tyndall déclare ne pas être suffisamment renseigné sur les détails de l'observation de M. Glaisher pour en proposer une explication, mais il profite de cette occasion pour présenter quelques réflexions extraites d'un mémoire qui doit paraître incessamment dans les *Transactions Philosophiques*, réflexions qui sont de nature à attirer l'attention des météorologistes sur une erreur possible dans leurs observations sur la radiation solaire, à laquelle ils n'avaient peut-être pas songé jusqu'ici. Les voici :

1° La chaleur solaire, telle qu'elle nous arrive, est composée en partie de rayons visibles et en partie de rayons invisibles ; une portion de ces derniers rayons étant douée d'une puissance calorifique très-intense.

2° Le thermomètre ordinaire à boule noircie absorbe les rayons visibles, mais il se peut que le verre noir se laisse très-facilement traverser par la radiation invisible.

3° Ce sont plus spécialement les rayons calorifiques invisibles dont l'intensité augmente à mesure qu'on s'élève au-dessus de la terre, puisque ce sont justement ces rayons qui perdent le plus de leur intensité en passant à travers la vapeur aqueuse contenue dans l'atmosphère.

4° Il en résulte que le thermomètre à boule noircie doit, en ce qui concerne la radiation incidente sur sa surface, de-

venir de plus en plus diathermane à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère. Il n'y a même peut-être pas d'exagération à affirmer, qu'à la limite extrême de notre atmosphère 50 pour cent de la chaleur solaire traversera le verre noirci, sera réfléchi par le mercure qui s'y trouvera renfermé, et ne contribuera aucunement à réchauffer le liquide thermométrique.

M. Tyndall conclut de ces considérations, en les supposant fondées, que les indications d'un thermomètre à boule noircie, tel que cet instrument est construit habituellement, doivent être regardées comme donnant des résultats illusoires, surtout à de grandes élévations.

M. A. Casin. Sur la détente des vapeurs saturées. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 2 janvier 1866.)

MM. Rankine, en Angleterre, et Clausius, en Allemagne, ont déduit des équations de la théorie mécanique de la chaleur (1850) cette proposition que la valeur d'eau sèche et saturée se condense partiellement par la détente, et que réciproquement elle se surchauffe par la compression, si les corps voisins ne peuvent ni lui prendre ni lui fournir de la chaleur.

M. Hirn a observé ce phénomène vers 1862; il a de plus vérifié deux autres conséquences des mêmes équations, à savoir: que le sulfure de carbone, dans les circonstances ordinaires, se comporte comme l'eau, et que l'éther se comporte autrement, se surchauffant par la détente et se condensant partiellement par la compression.

Enfin M. Dupré, professeur à la Faculté de Rennes, a déduit des équations de la théorie (*Annales de Chimie et de Physique* 1864) cette proposition plus générale que, pour chaque liquide, il y a une température à laquelle sa vapeur saturée peut subir une détente ou une compression infiniment petite, avec saturation continuée; qu'à une température inférieure la détente est accompagnée d'une condensation:

qu'à une température supérieure le contraire a lieu. Elle résulte des relations établies par M. Regnault, entre les chaleurs totales des vapeurs et les températures, dans ses remarquables expériences.

J'ai été chargé de vérifier cette inversion par la Commission de physique de l'Association scientifique. L'appareil, construit par M. Golaz, a été installé dans une des salles de l'Observatoire. Je veux, dans mes remerciements, joindre à M. Le Verrier MM. Regnault et Hirn, qui ont bien voulu m'éclairer de leurs précieux conseils.

Les premières recherches sont simplement qualitatives : ce sont celles que j'ai l'honneur de communiquer à l'Académie. Avant de déterminer la température d'inversion, j'ai dû en constater l'existence.

La partie principale de l'appareil consiste en un cylindre de cuivre de 60 centimètres de longueur sur 12 centimètres de diamètre, portant à ses extrémités des glaces parallèles, et disposé dans un bain d'huile. Après avoir chauffé à une température donnée, on fait le vide et on introduit graduellement le liquide. On est averti du moment où la saturation est atteinte par un léger dépôt de rosée qui se fait sur les glaces. On établit alors la communication avec un réservoir froid, contenant de l'air à une pression connue, inférieure à celle de la vapeur, et on observe en même temps ce qui se passe dans le cylindre.

L'eau et l'éther se sont comportés comme dans les expériences de M. Hirn, la vapeur du dernier liquide ne se condensant jamais par la détente, tandis que celle du premier se condense toujours. Lorsque la différence de pression est supérieure à celle de $0^{m},5$ de mercure, le brouillard formé rend l'intérieur du cylindre complétement opaque ; lorsqu'elle est plus faible, on observe souvent une auréole autour d'une flamme vue à travers la vapeur.

Avec le chloroforme, l'inversion a lieu lorsqu'on fait croître la pression du réservoir. A partir d'une certaine pression on

n'obtient plus de condensation, lors même qu'on augmente considérablement l'excès de pression de la vapeur. On peut se faire une idée des expériences d'après le tableau suivant, où les pressions sont mesurées approximativement par des colonnes de mercure :

Pression dans le réservoir à air.	Excès de pression de la vapeur.	Température de la vapeur.	Effet observé.
m	m	o	
0,75	0,90	85	Condensation.
0,75	1,09	89	*Id.*
0,75	1,62	99	*Id.*
1,47	0,92	99	*Id.*
1,47	2,18	117	*Id.*
1,84	2,01	119	*Id.*
2,25	2,52	129	*Id.*
3,27	1,13	125	Pas de condensation.
3,50	1,10	127	*Id.*
3,94	2,50	143	*Id.*
4,01	2,64	145	*Id.*

On voit que la vapeur saturée à 125 degrés, se détendant avec un excès de pression de $1^{m},13$, ne se condense pas, mais que la vapeur à 129 degrés se condense avec un excès de pression de $2^{m},52$. On conçoit en effet que cette dernière, atteignant, pendant la détente la température d'inversion, au moment où elle a une pression égale à la tension maxima qui correspond à cette température, se comporte dès ce moment comme une vapeur qui part d'une température inférieure à celle de l'inversion ; aussi, dans ce cas, le brouillard n'est-il visible qu'à la fin de la détente.

M. Perrot. Expériences et observations sur l'électricité. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 26 février 1866.)

D'après la théorie admise, les molécules de la matière électrique sont douées d'une force répulsive en vertu de la-

quelle elles tendent à se fuir et à se répandre dans l'espace. Elles se portent en totalité vers la surface des corps, et n'y sont retenues que par la pression de l'air, contre lequel, à leur tour, elles exercent une pression proportionnelle, en chaque point, au carré de leur nombre. Lorsque cette dernière pression est devenue supérieure à la première, la matière électrique s'échappe dans l'air en un torrent invisible, ou sous forme d'un trait lumineux que l'on désigne sous le nom d'étincelle électrique. (Extrait de l'instruction de 1823 sur les paratonnerres.)

A la pointe d'un cône électrisé, la pression du fluide électrique deviendrait infinie si l'électricité pouvait s'y accumuler. (Poisson, *Mémoire sur l'Électricité*, p. 6.)

Il suit de là, ce me semble, que si la répulsion théorique existe, il doit être impossible, dans l'air atmosphérique, de s'opposer à l'émission de l'électricité à la pointe d'un cône électrisé, à moins d'expérimenter dans de l'air comprimé à une infinité d'atmosphères.

Mais on connaît aujourd'hui plusieurs dispositions dans lesquelles une pointe électrisée ne perd pas son électricité, quoique communiquant librement avec l'atmosphère. La pression électrique y est donc très-faible au lieu d'être infinie. La répulsion électrique n'existe donc pas.

La théorie ne considère que des cônes mathématiques que nous ne pouvons réaliser dans les arts. Il m'a semblé intéressant et facile d'évaluer, en pressions atmosphériques, la pression théorique à la pointe d'un cône tel que le donne l'industrie, chargé de plus ou moins d'électricité.

Cette évaluation et ses conséquences mettront de nouveau en évidence, je le crois, l'impossibilité de la répulsion électrique admise.

Au conducteur d'une machine électrique, munie d'un électroscope très-sensible, j'ai fixé une tige pointue dirigée dans l'air. Après avoir électrisé ce conducteur, j'ai attendu que l'aiguille de l'électroscope, devenue stationnaire, indi-

quât que la pression électrique à la pointe était réduite à équilibrer la pression atmosphérique; présentant alors une sphère métallique au conducteur, j'en ai tiré une étincelle d'un demi-millimètre de longueur environ.

J'ai conclu de ces faits, logiquement je le pense, que si, à l'aide d'un artifice non prévu par la théorie, j'empêchais cette électricité de fuir, je réaliserais la condition indiquée par Poisson, et forcerais l'électricité à s'accumuler à la pointe; alors la longueur de l'étincelle tirée du conducteur, exprimée en demi-millimètres, me donnerait le nombre d'atmosphères équivalant à la pression exercée sur l'air par le fluide électrique accumulé à cette pointe.

Parmi ces artifices, j'ai dû choisir celui qui me paraît à l'abri des objections spécieuses. Il est connu depuis plus de trente ans, et consiste à placer la tige pointue au milieu d'un tube de verre sec qui dépasse un peu cette pointe.

Ce tube ouvert, de 2 à 3 centimètres de diamètre intérieur, étant fixé sur la tige pointue, j'ai pu électriser une petite machine, jusqu'à tirer du conducteur les étincelles de 100 millimètres au moins de longueur, la pointe ne laissant pas échapper, d'une manière notable, l'électricité accumulée dont elle était chargée. La pression exercée sur l'air par l'électricité accumulée à la pointe devait donc s'élever à 200 atmosphères environ.

Mais ce n'est pas tout : chacune des pointes collectrices aiguës de mon conducteur avait à peu près la même charge, et cependant aucune n'émettait d'électricité sensible.

Bien plus, lorsque du conducteur d'une puissante machine électrique on tire des étincelles de 500 millimètres de longueur, le fluide électrique accumulé aux pointes collectrices exerce donc sur l'air ambiant à une atmosphère, et sans vaincre sa résistance, une pression de 1000 atmosphères !

Ces résultats prouvent surabondamment, suivant moi, la non-existence de la répulsion électro-statique. En effet, l'action paralysante d'un tube dont l'ouverture offre une issue

libre au jet de fluide supposé si fortement pressé à la pointe par la force répulsive, ne suffit-elle pas pour démontrer que cette force n'existe pas ?

Cependant, le tube dépasse un peu la pointe : on peut donc imaginer pour le besoin de la cause une nouvelle force répulsive non prévue par Poisson, dont seraient doués les bords du tube, et qui, agissant obliquement sur la pointe, contre-balancerait la force répulsive du fluide accumulé sur cette dernière. C'est à peu près ce qui a été proposé pour expliquer l'action paralysante connue depuis longtemps d'une cloche de verre sur une pointe électrisée qu'elle recouvre.

Mais cette explication ingénieuse me semble en opposition avec la théorie. « Dans les endroits où la pression vient à « surpasser la résistance que l'air lui oppose, l'air cède, ou, « si l'on veut, le vase crève et le fluide s'écoule comme par « une ouverture. » (POISSON, Mémoire cité, p. 6). Or, l'air qui entoure la pointe est à une atmosphère seulement et communique avec l'air extérieur ; comment donc ce vase d'air n'est-il pas crevé par la pression de 200 atmosphères à la pointe ?

C'est pour démontrer combien est inadmissible cette explication basée sur l'admission d'une nouvelle force répulsive des parois opposées à la pointe électrisée, que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie l'expérience qui montre qu'il suffit d'armer cette pointe d'un disque non conducteur qu'elle dépasse un peu, pour annuler presque entièrement sa puissance émissive. Ici, aucun objet n'est placé devant la pointe ; le disque est derrière. Il faudrait donc douer ce disque, non plus d'une force répulsive, mais au contraire d'une puissance attractive équivalente à plusieurs centaines d'atmosphères, pour annuler la force émissive de la pointe ! Cela n'est-il pas inadmissible ?

En rappelant cette expérience, je me trouve à regret forcé de répondre à la critique erronée qu'a adressée à l'A-

cadémie (*Comptes rendus*, 20 février de l'année dernière) un professeur de physique d'Anvers, M. Montigny. Suivant ce physicien, mon expérience n'infirmerait aucunement les conséquences de la théorie de l'illustre mathématicien Poisson.

D'après M. Montigny, mon disque non conducteur, qui enserre le cône près de la pointe, met un obstacle à la communication entre la couche électrique répandue sur la surface du cône et celle accumulée à la pointe, communication que la théorie mathématique, dit ce savant, suppose absolument libre.

Une seule observation suffit pour faire tomber la critique du savant belge : c'est que, d'après la théorie qu'il invoque, la couche électrique n'existe pas au dehors de la surface du cône, comme il l'affirme, mais à son intérieur ; mon disque, étant extérieur au cône, ne peut donc interrompre la libre circulation des diverses parties de cette couche qui se meuvent à l'intérieur du cône, et mon objection subsiste dans toute sa force.

Par déférence pour M. Montigny, j'ai laissé écouler toute une année pour lui donner le temps de rectifier lui-même son erreur. Mais aujourd'hui je suis forcé de faire remarquer que : 1° Poisson a écrit précisément le contraire de ce que lui fait dire M. Montigny. « Cette couche est terminée extérieurement par la surface même du corps, et à l'intérieur « par une surface très-peu différente de la première. » (POISSON, Mémoire cité, p. 3.) 2° On ne trouve l'erreur de M. Montigny dans aucun Traité de physique. 3° Il faudrait, dans l'hypothèse de M. Montigny, qu'au lieu de se mouvoir dans le cône métallique conducteur, l'électricité se transmît dans l'air non conducteur. 4° Et enfin, si le collet non conducteur en caoutchouc, de 2 millimètres de longueur, que forme mon disque, pris de la pointe du cône électrisé, suffit pour empêcher la transmission de l'électricité dans ces cônes, comme le prétend M. Montigny, comment donc nos télégraphes électriques, dont les fils sont recouverts de caoutchouc

ou de gutta-percha, non pas sur 2 millimètres de longueur, mais sur un bon nombre de lieues, transmettent-ils les dépêches ? Comment encore nos électroscopes, dont les tiges sont enduites de gomme-laque, sont-ils si sensibles ?

En terminant, je crois devoir rappeler que les phénomènes que j'ai signalés comme si opposés à l'hypothèse de la répulsion me paraissent au contraire s'expliquer de la manière la plus simple, ainsi que les autres phénomènes électro-statiques, en n'admettant qu'une seule force : l'attraction mutuelle des corps électrisés différemment.

CHIMIE.

MM. V. de Luines et G. Espérandieu. Sur la préparation et quelques propriétés de l'acide pyrogallique. Brochure in-4°. Paris, 8 septembre 1865.

L'acide pyrogallique, étudié d'abord par Berzélius, puis par MM. Pelouze, Regnault, Liebig, a reçu de nombreuses et utiles applications. Son emploi dans les laboratoires pour l'analyse de l'air, le rôle qu'il joue dans le développement des épreuves photographiques, enfin l'usage qu'on en fait dans la teinture des cheveux, justifient suffisamment la place importante qu'il occupe parmi les produits chimiques. D'après M. Pelouze, l'acide gallique, chauffé au bain d'huile vers 210 degrés dans une cornue, se dédouble complétement en acide carbonique et en acide pyrogallique :

$$C^{14} H^6 O^{10} = 2 CO^2 + C^{12} H^6 O^6,$$

il ne reste rien dans la cornue, ou du moins qu'un résidu à peine pondérable.

D'après cette équation, 100 parties d'acide gallique sec doivent donner 74,1 d'acide pyrogallique. Or, les procédés actuellement en usage ne donnent guère en acide pyrogallique que 25 pour 100 du poids de l'acide gallique em-

ployé. On est donc bien loin du rendement théorique. C'est à la recherche d'un procédé de fabrication, qui donnât des résultats plus conformes à la théorie, que MM. de Luines et Espérandieu ont consacré leur temps, en mettant à profit les facilités que leur offrait le laboratoire de recherches et de perfectionnements de la faculté des sciences de Paris. Après de nombreux essais, ces jeunes chimistes se sont arrêtés au procédé suivant dont les résultats ont dépassé leurs espérances.

On introduit dans une chaudière en bronze de l'acide gallique avec deux ou trois fois son poids d'eau. On élève la température de 200 à 210 degrés, on la maintient pendant une demi-heure environ, et on laisse refroidir. L'opération dure une heure et demie ou deux heures. On ouvre la chaudière qui renferme une solution à peine colorée d'acide pyrogallique, on fait bouillir avec un peu de noir animal, on filtre et on évapore à feu nu de manière à chasser l'eau. Par le refroidissement, l'acide pyrogallique cristallise sous la forme d'une masse dure, légèrement ambrée et quelquefois rose. Pour l'avoir tout à fait blanc, il suffit de le distiller dans le vide. Le rendement est égal au rendement théorique, quelquefois un peu plus fort à cause d'une petite quantité d'eau que retient l'acide pyrogallique.

La chaudière dont on s'est servi a la forme d'une marmite de Papin, et on a employé comme joints des disques de carton pour maintenir l'adhérence du couvercle à la chaudière. L'acide carbonique passe à travers ces joints, tandis que la vapeur d'eau est retenue. C. N.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

M. Louis Pillet. Description géologique des environs de Chambéry; broch. in-8°, 1865.

M. Pillet vient d'ajouter une nouvelle étude à celles qu'il

avait déjà faites en Savoie[1]. Il s'occupe spécialement des environs de Chambéry, ville heureusement située au point de vue de la géologie à la jonction du Jura et des Alpes. Tout près d'elle le mont du Chat présente les formes régulières et le développement normal des terrains du Jura, tandis que de l'autre côté, et à la porte de la ville, les Alpes commencent avec des terrains dont la constitution n'est plus la même que celle qu'ils ont dans la chaîne précédente, et le sol est traversé par des dislocations énormes. Le terrain oxfordien est le seul terrain jurassique aux environs de Chambéry, il n'a pas moins de 600 mètres de puissance, et la dislocation du Nivolet est telle que, si cette chaîne ne s'était pas affaissée, elle atteindrait 2965 mètres au lieu de 1546 mètres, qui est sa hauteur actuelle.

Dans cette montagne, la succession des terrains est la suivante, en commençant par les couches inférieures :

1° *Marnes et calcaires compactes à Ammonites oculatus.* A la base de cet étage on voit un calcaire blanc alternant avec des marnes. Au-dessus les calcaires sont gris et terreux. Ces deux divisions ont environ 100 mètres de puissance. M. Pillet les nomme *Argovien inférieur*, et il les regarde comme étant l'équivalent du Jura blanc bêta de Quenstedt. Les fossiles sont les suivants : *Belemnites hastatus* Bl., plusieurs variétés de l'*A. plicatilis* d'Orb., *A. oculatus* d'Orb., *A. flexuosus*, *A. Jason*. *Terebratule lacunosa*.

2° *Calcaire à scyphia et cidaris glandiferus.* Cette assise, qui a 5 mètres dans le Jura, présente 250 mètres de développement vertical dans les Alpes voisines de Chambéry. Elle est formée d'un calcaire blanc presque lithographique alternant avec des marnes et renfermant les fossiles suivants : *B. hastatus* Bl., *B. Sauvanausus* d'Orb., *B. Didayanus* d'Orb., *Aptychus lamellosus*, *Terebratula diphya* de Buch, *Cidaris coronatus*, *C. glandiferus*, *Pentcrinites subteres*, etc., etc.

[1] *Archives*, 1858, t. I, p. 82; 1865, t. XXIII, p. 227.

Cette couche est l'horizon du Jura blanc gamma et delta de M. Quenstedt, le calcaire à scyphia de M. Mousson. M. Pillet la nomme *Argovien supérieur*.

3° *Marnes à ciment.* Marnes argileuses, friables terreuses, propres à la fabrication du ciment romain. Quelquefois à la jonction de l'étage précédente et de celui-ci on voit une couche de dolomie d'un blanc jaunâtre de 5 à 6 mètres d'épaisseur. Ailleurs on reconnaît des bancs de lumachelle ; les fossiles de ces derniers appartiennent au calcaire à scyphia et les marnes renferment des *natices, des Pleurotomaires*, des *Ammonites plicatilis* d'Orb., *A. tortisulcatus, Ostrea dilatata*, etc. Cette couche, associée à la suivante, présente dans le Jura, près de Chanaz, une épaisseur de 50 à 100 mètres, tandis que dans la chaîne du Nivolet elle a 600 mètres.

4° *Calcaires hydrauliques*, argileux d'un gris cendré, souvent friables, en couches minces coupées de marnes. Les fossiles sont les suivants : *Ammonites plicatilis* d'Orb., *A. tortisulcatus* d'Orb., *Pecten subarmatus*, Munst., *Ostrea nana?* Morris. Ces couches correspondent aux couches argoviennes *c'* et *b*. de la description du Jura neuchâtelois par MM. Desor et Gressly. M. Pillet les nomme oxfordiennes, en faisant comprendre qu'elles sont supérieures à l'*oxford-clay* des Anglais.

Sur les couches que nous venons d'indiquer reposent directement les terrains quaternaires. M. Pillet ne les décrit pas, il se borne à donner une liste des insectes fossiles qui y ont été recueillis et qui ont été déterminés par M. Heer. Quoique ces animaux aient vécu à une époque antérieure à celle de l'ancienne extension des glaciers, ils appartiennent à des espèces vivantes ; rien n'indique dans le bassin de Chambéry qu'il y ait eu deux époques glaciaires.

On lit avec intérêt les conclusions de M. Pillet dans lesquelles il cherche à expliquer la grande puissance des terrains oxfordiens alpins, en voulant démontrer qu'ils proviennent de terrains plus anciens profondément ravinés par

les eaux fournissant en abondance des détritus et des matériaux qui se sont déposés à la lisière des Alpes.

Ant. Manganotti. Sul terreno. Sur le terrain d'alluvion de la province de Vérone, sur les collines alluviales qui entourent le lac de Garde et sur la formation de ce lac. Vérone, 1865.

La partie du territoire de Vérone qui, depuis le pied des montagnes placées au nord, s'étend entre le cours actuel de l'Adige et le lac de Garde, s'élève en une espèce de plateau formé par un terrain d'alluvion, composé de cailloux roulés et parfois de blocs. Ces derniers atteignent la grandeur d'un demi-mètre cube, et leurs arêtes et leurs angles sont arrondis; ils ont donc été roulés par des eaux courantes. Ces grands cailloux et blocs appartiennent aux granits, aux porphyres, aux schistes micacés, etc. des Alpes du bassin hydrographique de l'Adige.

La formation de cette alluvion, par sa grandeur et par la différence du niveau actuel de l'Adige, ne peut pas être attribuée aux causes actuelles, mais doit être regardée comme appartenant aux alluvions anciennes; toutefois, l'identité des matériaux charriés même aujourd'hui par l'Adige, amène à conclure qu'elle doit son origine à des causes de même ordre que les causes actuelles, mais d'une puissance plus grande, c'est-à-dire à une énorme masse d'eau qui descendait autrefois par la vallée de l'Adige. Cette vallée, par un examen attentif des montagnes environnantes, doit être rapportée aux vallées de soulèvement, et, en conséquence, être contemporaine du grand exhaussement des Alpes centrales.

Tout le plateau alluvial dont nous parlons est parsemé de collines de même nature. La position de ces dernières, par rapport aux collines calcaires du voisinage, fait croire à l'auteur qu'on doit les regarder comme des accumulations formées sous l'action des eaux. Il n'admet point l'opinion de

M. de Mortillet, qui regarde ces collines comme des moraines d'un grand glacier qui serait descendu anciennement par la vallée de l'Adige jusqu'au-dessous de Roveredo, et qui, tournant tout à coup à l'ouest, aurait franchi le défilé placé entre Mori et Nago, et aurait creusé le bassin du lac de Garde.

A la suite d'observations minutieuses et multipliées, l'auteur explique par l'action des eaux alluviales les phénomènes que M. de Mortillet regarde comme des phénomènes glaciaires, et résume ses idées de la manière suivante :

1° La vallée de l'Adige, par laquelle descendaient les eaux d'une partie du versant méridional des Alpes, est une vallée de soulèvement, contemporaine de l'exhaussement de la chaîne centrale. Les eaux ont charrié les cailloux et les blocs roulés qui couvrent le plateau entre l'Adige et le lac de Garde ; elles ont formé un lac dont les eaux débordaient sur le plateau de Rivoli, entre les collines de sédiment calcaire qui y existent.

2° A une certaine époque, la digue de ce lac s'est affaissée du côté du sud, là où s'ouvre la gorge actuelle de la Chiusa, et alors les eaux ont formé le lit du fleuve actuel.

3° Les phénomènes glaciaires qui ont eu lieu dans cette région se sont bornés à transporter les vrais blocs erratiques. L'accumulation des grands blocs tout près du village de Mori, appelée *gli Slavini di Marco*, n'est pas le produit d'un transport glaciaire, comme le suppose M. de Mortillet, mais elle est due au glissement des couches de la montagne, comme le montre la nature minéralogique des blocs.

4° La gorge qui s'ouvre entre les villages de Mori et de Nago ne présente aucune trace du passage d'un glacier ; d'ailleurs, il aurait été plus difficile pour un glacier de passer dans cet endroit que de cheminer directement de Mori à la gorge actuelle de la Chiusa.

5° Le creusement du bassin du lac de Garde ne peut être regardé comme provenant de l'affouillement d'un glacier.

6° Les collines composées par les matériaux stratifiés de

l'alluvion ancienne ne présentent pas les caractères de moraines. Elles doivent être considérées comme ayant été formées par les eaux qui ont déposé le plateau alluvial à l'extrémité duquel la ville de Vérone est bâtie.

MM. Briart et Cornet. Sur la découverte faite dans le Hainaut d'un calcaire grossier avec faune tertiaire en dessous des sables landéniens. — (*Académie Royale de Belgique,* Classe des sciences, 4 novembre 1865.)

On sait que la partie inférieure du terrain tertiaire de Belgique se compose de divers systèmes de couches. En commençant par le haut, ce sont les suivants : Système Laekénien; système Bruxellien qui est l'équivalent du calcaire grossier de Paris ; système Panisélien ; système Yprésien ; système Landénien qui correspond à la glauconie inférieure et aux sables de Bracheux du bassin de la Seine. Le système Heersien qui vient au-dessous est assez mal connu, on a hésité à le classer dans le terrain tertiaire ou dans la formation crétacée et finalement il a été rangé dans cette dernière. Cet ensemble de couches repose sur les terrains crétacés de Mæstricht et de Ciply.

MM. Briart et Cornet viennent d'étudier près de Mons une nouvelle couche qui jusqu'ici n'était pas connue et qui a été l'objet d'un rapport de M. Dewalque. Ce savant fait remarquer qu'elle est située au-dessous du système Landénien et au-dessus de la craie. Elle est différente de celle qui constitue le système Heersien ; mais le fait curieux et très-digne d'attirer l'attention, se déduit de l'étude des nombreux fossiles renfermés dans cette couche. Ceux-ci appartiennent non plus au système Landénien, mais au calcaire grossier ou système Bruxellien, quoiqu'ils soient séparés de cet étage par la série des systèmes Landénien, Yprésien et Panisélien. Les espèces fossiles sont au nombre de 160 et

une grande partie paraissent nouvelles. Les vingt-deux espèces qui ont été déterminées avec soin ont toutes pour gisement connu des couches supérieures aux sables de Bracheux : « Si « ce fait est exact, dit M. Dewalque, je crois pouvoir dire qu'il « fera sensation, non point parce que l'espoir de découvrir « une assise de transition n'est pas réalisé, mais parce que « les idées courantes sur l'apparition et la disparition des es- « pèces ne s'accordent guère avec lui. Il me paraît aussi sur- « prenant que les colonies de précurseurs que M. Barrande « a signalées en Bohême depuis un certain nombre d'années « et que celle de retardataires sur laquelle M. Leymerie a « plus récemment appelé l'attention dans les Pyrénées. » A la suite de ce rapport, M. Omalius d'Halloy a présenté d'intéressantes considérations sur la succession des animaux à la surface du globe.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr Alb. BAUR. BEITRÆGE, etc. CONTRIBUTIONS A L'HISTOIRE NATURELLE DE LA SYNAPTE DIGITÉE ; trois mémoires. *(Nova Acta Acad. Cæsar. Leopold. Carolinæ Natur. Curios.*, XXXI, 1864.)

Les trois importants mémoires de M. Baur concernent, le premier, l'anatomie de la Synapte digitée ; le second, le développement de cet échinoderme ; le troisième, l'étude des célèbres boyaux molluscigères, découverts par Johannes Müller dans la cavité du corps des Synaptes.

L'anatomie des Synaptes, étudiée déjà par tant d'habiles savants, est une recherche délicate pour bien des raisons, et déjà par suite de la singulière habitude qu'ont ces animaux de se déchirer spontanément en fragments dès qu'ils se sentent saisis. Aussi régnait-il de l'incertitude même sur la forme de l'extrémité postérieure de ces holothuries. M. Baur a pêché dans l'Adriatique de très-jeunes Synaptes, et comme à cet

âge ces animaux sont dépourvus de la faculté de se briser, il a pu s'assurer exactement de leurs formes.

Nous relèverons seulement les faits anatomiques les plus saillants. Le squelette proprement dit est réduit, comme on le sait, de même que chez les autres holothuries, à un anneau calcaire péribuccal. Dans cet anneau, l'auteur distingue des pièces radiaires et des pièces inter-radiaires; il distingue, en outre, des pièces dorsales et des pièces ventrales. On peut, en effet, distinguer, chez les Synaptes comme chez les autres holothuries, un dos et un ventre. Le dos est tourné vers le haut pendant la vie: il est reconnaissable extérieurement à une pigmentation plus abondante et intérieurement à l'insertion du mésentère. Au dos appartiennent, comme chez les holothuries rampantes, deux radiums et trois inter-radiums; au ventre trois radiums et deux inter-radiums. Les Synaptes, présentent donc, elles aussi, une combinaison de la symétrie bilatérale et de la symétrie radiaire.

Relativement à la valeur morphologique de cet anneau calcaire, deux opinions sont en présence : d'après les uns, savoir : Cuvier, Tiedemann et Meckel, il serait l'homologue de l'enveloppe dure des oursins; d'après les autres, comme Bohadsch et Joh. Müller, il serait comparable à la lanterne d'Aristote. M. Baur montre par des raisons concluantes, tirées surtout des rapports de l'anneau calcaire et du système nerveux, que cette seconde opinion est mal fondée, et que la première, savoir : que l'anneau appartient au périsome, est seule juste. Il est strictement comparable à la partie du périsome des oursins qui entoure la bouche et qui porte les auricules. Le reste du périsome des Synaptes est mou, ou ne renferme du moins, en fait de pièces dures, que les ancres si caractéristiques de ces animaux. Celles-ci sont logées dans la couche la plus externe du corium et recouvertes par l'épiderme.

M. de Quatrefages a décrit des orifices aquifères qui mettraient en communication la cavité du corps avec l'extérieur. M. Baur en nie l'existence. Quant aux organes ciliés en forme

de pantoufles, il leur attribue la fonction d'entretenir le liquide périviscéral en circulation constante et de favoriser par suite l'échange des gaz.

Il existe tout le long de l'intestin deux vaisseaux sanguins connus depuis longtemps, l'un dorsal, suivant l'insertion du mésentère, l'autre ventral. D'après M. Baur, ces deux vaisseaux diminuent graduellement de calibre à chaque extrémité et finissent en cul-de-sac. Leur paroi est animée pendant la vie de contractions ondulatoires. Tout le système circulatoire se bornant à ces deux vaisseaux non ramifiés et indépendants l'un de l'autre, il n'existe pas, à proprement parler, de système vasculaire.

Le système aquifère est restreint, suivant M. Baur, au canal circulaire avec son canal pétreux et sa vésicule de Poli, et aux boyaux qui pénètrent dans les tentacules. Il n'existe donc aucune partie du système aquifère dans le tronc. Les canaux aquifères longitudinaux, décrits par M. Quatrefages, paraissent appartenir au système nerveux. En effet, ce dernier, dont l'existence avait été révoquée en doute par des autorités aussi compétentes que M. de Quatrefages et Joh. Müller, n'en paraît pas moins exister sous la forme d'un système de filaments longitudinaux, réunis les uns aux autres par un cordon circulaire péribuccal. Ce système nerveux est, il est vrai, bien étrange au point de vue histiologique. Son ensemble représente en effet un simple tube ramifié, s'atténuant aux extrémités des branches, et dépourvu de cellules et de fibres nerveuses. Il n'envoie aucun rameau dans les muscles, si bien que son action sur ceux-ci ne saurait avoir lieu qu'à distance. En face d'anomalies aussi singulières, on est en droit de se demander, si M. Baur a bien eu sous les yeux un appareil nerveux. Un fait cependant semble très-favorable à l'interprétation de ce savant, c'est la connexion immédiate de chacun des cinq nerfs radiaires avec une paire d'organes auditifs incontestables, mais restés inaperçus jusqu'ici.

Le second mémoire de M. Baur, concernant le développe-

ment des Synaptes, montre avec évidence que l'auriculaire à roues calcaires, supposée par Joh. Müller l'état larvaire d'une Chirodote, est le jeune âge de la Synapte digitée. Nous ne nous étendrons pas sur cette découverte importante dont nous avons déjà été dans le cas de faire mention [1].

Dans le troisième mémoire, consacré à l'étude des boyaux molluscigères, l'auteur examine longuement chacune des hypothèses faites par Müller sur ces corps singuliers, il rejette l'idée d'une génération alternante dans laquelle l'un des termes du cycle serait un échinoderme et l'autre un mollusque. Il se prononce, au contraire, en faveur du parasitisme, opinion vers laquelle Müller inclinait du reste fortement à la fin de sa vie. Mais, le parasitisme admis, on peut encore discuter longuement sur la valeur morphologique du boyau renfermant les petits mollusques à coquille hélicoïdale, auxquels Müller a donné le nom d'*Entoconcha mirabilis*. On se souvient que ce boyau cylindrique flotte librement dans la cavité du corps de la Synapte qui l'héberge, n'étant fixé que par l'une de ses extrémités à une place à peu près constante de l'un des vaisseaux de l'échinoderme. Selon M. Baur, ce boyau qui ne renferme guère en fait d'organes qu'un ovaire, un testicule et une espèce de tube aveugle que Müller désignait sous le nom de « tube invaginé de couleur verte, » ce boyau, disons-nous, représenterait un mollusque tout entier, modifié, il est vrai, par les conditions de parasitisme au point de devenir méconnaissable. Ce mollusque tubulaire aurait cependant conservé un canal intestinal, car telle est la signification que M. Baur attribue au tube aveugle vert dont nous parlions tout à l'heure. Ce tube occupe la partie antérieure du boyau et s'ouvre à l'extérieur par l'extrémité du boyau adhérente au vaisseau sanguin. Dès lors la nourriture, c'est-à-dire le sang de la synapte, coule continuellement et d'elle-même dans l'orifice buccal et le tube digestif du parasite.

Quant à la position de ce singulier animal dans le système,

[1] Voyez *Archives*, 1863, t. XVII, p. 153.

elle peut naturellement suggérer bien des hypothèses. Nous avons évidemment affaire à un être de la classe des mollusques et même un Gastéropode, mais un Gastéropode dépourvu de pied, de coquille et de branchie, et dont la structure interne est extraordinairement simplifiée. Cependant l'hermaphrodisme de cet animal et la forme de sa larve conduisent M. Baur à le placer parmi les Apneustes, c'est-à-dire parmi les Nudibranches de Cuvier. Cet être singulier est dépourvu, il est vrai, de glande hermaphrodite, car son ovaire et son testicule sont complétement séparés l'un de l'autre. Toutefois cette disposition exceptionnelle n'est peut-être pas unique en son genre, car il paraît exister quelque chose d'analogue chez les Actéons. En revanche, l'absence complète de conduits excréteurs à l'appareil de la génération, le remplacement physiologique de ces conduits par la cavité générale du corps devenue tubulaire, l'absence complète d'organes copulateurs, absence liée évidemment à la fécondation de l'animal par lui-même, enfin la position de l'orifice générateur à l'extrémité du corps opposée à la bouche, tout cela sont des caractères anormaux chez les Apneustes. La larve se différencie aussi à certains égards des larves d'Apneustes. D'abord elle est privée de velum proprement dit, cet organe n'étant représenté que par un bourrelet cutané sémilunaire, hérissé de soies roides. Puis elle est dépourvue de muscles rétracteurs. Les autres larves, dont la vie est libre, natatoire, peuvent, à l'aide du muscle rétracteur, se retirer brusquement dans leur coquille et en fermer en même temps l'ouverture à l'aide de l'opercule. Mais l'Entoconcha, privée de ce muscle, ne peut ouvrir et fermer sa coquille qu'avec une grande lenteur. L'absence du velum et du muscle rétracteur montre que la larve, après avoir quitté sa mère et la synapte, doit mener une vie rampante. C'est le premier exemple d'une larve rampante parmi les Gastéropodes marins.

L'Entoconcha possède un organe larvaire unique en son genre, c'est un lobe vésiculeux susceptible de saillir au-

dessous de la bouche. L'auteur suppose que cet organe peut fonctionner comme un appareil de succion permettant à l'animal de se fixer à des corps étrangers.

M. Baur propose de réserver le nom d'Entoconcha pour la larve à laquelle seule il est approprié et de créer pour l'adulte parasite de la synapte un nom nouveau, celui de *Helicosyrinx parasita.*

Eugène HESSE. SUR UN MOYEN REMARQUABLE A L'AIDE DUQUEL CERTAINES ESPÈCES DE CRUSTACÉS PARASITES ASSURENT LEUR CONSERVATION. *(Mém. des Savants étrangers de l'Acad. des Sc. de Paris. — Annals and Mag. of Nat. History*, XIV, p. 271.)

M. Hesse attire l'attention sur une disposition singulière propre à assurer la conservation de l'espèce chez certains crustacés parasites, tels que les Trébies, les Caliges, les Pandores et les Chondracanthes.

Tous les Cacinologistes savent que ces singuliers animaux qui, au sortir de l'œuf, sont munis de puissants instruments de natation, en sortent, au contraire, à peu près ou même complétement dépourvus à l'état adulte. On sait aussi que, dans cette dernière phase, les yeux disparaissent, tantôt chez les mâles, tantôt chez les femelles, si bien que ces êtres déshérités deviennent obligatoirement immobiles et sont obligés de suivre en tout et partout la fortune des poissons auxquels ils adhèrent.

M. Hesse a remarqué fréquemment que certains crustacés femelles, appartenant aux groupes que nous venons d'énumérer, sont unis à de jeunes crustacés de la même espèce par une espèce de cordon que l'auteur désigne sous le nom de cordon frontal. Ce cordon ne remplit point la fonction nutritive d'un cordon ombilical. C'est un simple lien fixé par une de ses extrémités au bord frontal du jeune crustacé et par l'autre au corps de la mère : il est assez long et flexible

pour permettre au jeune crustacé de se mouvoir, dans une certaine mesure, indépendamment de sa mère, sans troubler les mouvements de celle-ci et de s'appliquer lui-même au poisson sur lequel ils vivent en commun.

M. Hesse suppose que cette singulière disposition doit jouer un rôle dans la conservation de l'espèce. Si l'on suppose que le jeune crustacé soit un mâle et que la femelle, saisissant une occasion favorable, passe, avec le jeune individu qui lui est amarré, sur le corps d'un autre poisson, on voit de suite les conséquences d'une telle migration, présentant tous les éléments nécessaires pour la fondation d'une nouvelle colonie. Cette hypothèse semble coroborée par la découverte faite par l'auteur, sur les branchies d'une merluche, d'une femelle de Chondracanthe à laquelle deux mâles, arrivés à maturité, étaient amarrés par un cordon frontal.

Eugène HESSE. MÉMOIRE SUR LES PRANIZES ET LES ANCÉES. *(Mémoires des Savants étrangers de l'Acad. des Sc. de Paris. — Annals and Mag. of Nat. History*, XIV, p. 405.)

Nous avons déjà mentionné précédemment la découverte faite par M. Hesse de la métamorphose des Pranizes en Ancées [1], découverte contestée, il est vrai, par M. Spence Bate. Aujourd'hui M. Hesse publie un mémoire étendu qui ne laisse guère de doute sur l'exactitude de ses conclusions. En 1852, cet observateur saisit sur une Trigle une Pranize qu'il conserva vivante dans de l'eau de mer. Après une absence de quelques jours, il retrouva au lieu de la Pranize une Ancée. Au premier abord, il crut avoir été victime d'une méprise, mais d'autres observations le conduisirent bientôt à une opinion différente. En effet, le 20 juillet 1853, il saisit sur une Plie franche *(Platessa vulgaris)* une Pranize qui devint une Ancée le 5 novembre. Le 19 août 1855, trois

[1] Voyez *Archives*, 1859, t. IV, p. 374.

Pranizes furent trouvées sur un Grondin (Trigle) et se métamorphosèrent en Ancées le 1er septembre. Le 10 juin 1857, l'auteur trouva sur le rivage un grand nombre de Pranizes mêlées à des Ancées mâles et femelles. Au bout de peu de jours, toutes les Pranizes avaient subi leurs métamorphoses, si bien qu'il ne restait plus que des Ancées. Nous passons bien d'autres observations analogues. Enfin tous les œufs résultant de la fécondation réciproque des Ancées ont donné naissance à des Pranizes.

Parmi tous les crustacés de nos côtes, les Pranizes, c'est-à-dire les Ancées à l'état larvaire, sont les plus remarquables par leur coloration et l'élégance de leurs formes. Ils offrent une ressemblance de facies incontestable avec certains coléoptères, surtout avec certains carabiques, et cette analogie devient encore plus frappante, lorsqu'ils se sont métamorphosés en Ancées. En effet, leur thorax, divisé en deux parties par une constriction, constitue, dans sa région antérieure, une sorte de corselet. D'immenses mandibules rappellent celles des Manticores ou des Scarites. Enfin, chose remarquable, les femelles de ces crustacés sont complétement dépourvues de mandibules, rappelant, par conséquent, les femelles des insectes en question, chez lesquelles les mandibules sont extrêmement petites comparativement à celles des mâles.

La fécondation des Ancées femelles a lieu, d'après les observations de M. Hesse, tandis que ces crustacés sont encore dans la phase de Pranize. Immédiatement après ils se transforment en Ancées et la ponte a lieu. Les jeunes individus restent encore attachés pendant quelque temps au thorax de leur mère, puis ils se dispersent. Les femelles sont alors comme vides, presque réduites à leurs téguments et ne tardent pas à périr. L'existence des mâles, au contraire, peut être prolongée bien davantage: l'auteur a réussi à en conserver deux années en vie. Il a su également conserver pendant deux ans des Pranizes avant leur transformation en Ancées. Il est remarquable que les Pranizes parasites de la

bouche, des branchies ou de la surface du corps des poissons se transforment très-rapidement en Ancées, tandis que celles qu'on capture sur les rivages, mêlées avec des Ancées, ne subissent que rarement cette métamorphose entre les mains de l'observateur. M. Hesse pense que ces crustacés ont besoin d'une nourriture animale pour leur métamorphose et que, par cette raison, les Pranizes s'attachent à des poissons dans le temps qui précède leur passage à l'état d'Ancée.

Pendant leur phase de Pranize, nos crustacés ne redoutent ni la chaleur, ni la lumière, ni la privation d'eau; ils sont très-vifs dans leurs mouvements et nagent très-rapidement à l'aide de leurs pieds abdominaux, en décrivant des cercles, à la manière des Caliges en quête d'un poisson auquel ils puissent se fixer. Les Ancées, à l'état parfait, redoutent la lumière, ont des habitudes sédentaires et ne marchent qu'avec difficulté; ils ne quittent point le rivage où ils vivent dans des galeries souterraines.

Dans l'opinion de l'auteur, les Ancées doivent occuper une place dans le système entre les Cymothoades et les Epicarides.

Wilh. His. Ueber ein perivasculæres, etc. Sur un système de canaux périvasculaires dans les organes nerveux centraux et sur leurs rapports avec le système lymphatique. (*Zeitschs. f. wiss. Zoologie*, 1865. Bd. XII.)

L'examen de coupes transverses de la moelle épinière, durcies dans l'acide chromique ou dans l'alcool, révèle dans cet organe la présence d'un très-grand nombre de fentes, plus serrées dans la substance grise que dans la substance blanche. Ces fentes sont, comme le montre M. His, l'expression d'un système de canaux susceptible d'être injecté. L'examen des sections enseigne que chacune de ces fentes renferme un vaisseau sanguin libre dans l'intérieur ou accolé à la paroi. Ces canaux peuvent donc à bon droit être désignés sous le nom de *canaux* ou d'*espaces périvasculaires*. Ils existent en

outre dans l'encéphale, ce qui explique comment il est si facile d'arracher du cerveau, à l'aide de la pincette, des arbres vasculaires très-étendus. Les injections poussées par M. His dans les canaux périvasculaires ressortent à la surface de l'encéphale pour remplir un vaste système de lacunes, placées entre la pie-mère d'une part et la moelle et le cerveau d'autre part. Puis, si l'injection est poussée plus loin, elle va remplir les vaisseaux lymphatiques de la pie-mère. M. His conclut que, soit les canaux périvasculaires, soit les lacunes épicérébrales, appartiennent au système lymphatique. L'existence de vastes réservoirs lymphatiques, séparant presque entièrement la pie-mère du système nerveux sousjaçant, ne doit pas paraître trop singulière, si l'on songe à ce fait que, chez les grenouilles, la peau est presque entièrement séparée du corps par des réservoirs lymphatiques, au point que les communications ne soient établies que çà et là, du corps à la peau, par les troncs nerveux et vasculaires. La disposition anatomique que M. His nous révèle dans son mémoire paraît, aux yeux de l'auteur, avoir une grande importance physiologique: elle réduirait à son minimum l'influence mécanique des vaisseaux sur la substance nerveuse. La lymphe périvasculaire jouerait donc en détail pour chaque partie du système nerveux central le même rôle que le liquide cérébro-spinal pour les centres nerveux dans leur totalité.

Le fait que les vaisseaux des centres nerveux ne sont, pour ainsi dire, pas en continuité de tissu avec la substance nerveuse, prend de l'importance si l'on se souvient avec M. His que les centres nerveux procèdent, chez l'embryon, du feuillet blastodermique externe. Les vaisseaux des centres nerveux, provenant sans aucun doute du feuillet médian, ces centres nerveux rentrent dans la catégorie des organes mixtes qui, comme les glandes ou les dents, reçoivent leurs parties constitutives de deux feuillets différents.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MARS 1866.

Le 1er, gelée blanche le matin; minimum + 1°,0 ; halo solaire à plusieurs reprises entre 9 heures et 11 heures.

6, dans la soirée, belle lumière zodiacale à travers les éclaircies.

15, halo solaire partiel de 1 h. à 3 h. 15 m.; de 4 h. 45 m. à 5 h. 30 m. on voit les deux parhélies.

16, gelée blanche.

19, de 5 h. 30 m. de l'après-midi jusque tard dans la nuit, le vend a soufflé du sud avec une très-grande violence; il s'est levé peu après que le minimum barométrique a été atteint.

20, faible halo solaire de 11 h. à 3 h. 30 m. ; couronne lunaire toute la soirée.

21, gelée blanche le matin, minimum + 1,0 ; halo solaire à plusieurs reprises dans la journée, de 6 h. 30 m. à 7 h. 45 m. on voit très-distinctement les deux parhélies.

27, forte gelée blanche.

28, couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.

29, forte rosée.

Le 1er, 8, 9 et 10 de ce mois la pluie était accompagnée de neige, qui a pris pied, mais pour une couple d'heures seulement ; la hauteur de la couche de neige mesurée pour ces quatre jours était respectivement 12, 10, 13 et 20 millimètres.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 8 h. matin...	717,08	Le 3 à 2 h. après-m..	712,28
5 à midi........	718,68	8 à 4 h. après-m..	713,40
12 à 6 h. matin...	731,80	14 à 6 h. matin...	711,12
16 à 8 h. matin...	716,28	17 à 6 h. matin ...	711,82
18 à midi..........	715,20	19 à 4½ h. après-m..	701,72
23 à 10 h. matin...	727,79	24 à 6 h. soir.....	714,14
27 à 8 h. matin...	734,29		

GENÈVE. — MARS 1866.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o		pouces
1	713,89	—11,91	+ 3,20	+0,52	+ 0,1	+ 7,4	5,07	+0,77	876	+ 92	690	1000	18,9	9	variable	0,79	6,2	+ 0,9	41,5
2	716,34	— 9,40	+ 2,69	—0,10	+ 0,4	+ 4,7	5,56	+1,25	987	+205	920	990	5,7	7	SSO. 1	1,00	6,0	+ 0,7	40,8
3	712,97	—12,72	+ 4,86	+1,95	+ 3,8	+ 6,9	6,18	+1,87	956	+176	870	960	2,1	5	N. 1	1,00	6,1	+ 0,7	40,7
4	717,64	— 7,99	+ 6,11	+3,09	+ 2,8	+ 9,1	6,16	+1,84	863	+ 86	750	940	...	..	N. 1	0,64	...	.....	40,8
5	718,16	— 7,42	+ 3,82	+0,69	+ 0,3	+ 7,7	5,85	+1,52	987	+212	900	1000	51,0	24	variable	1,00	6,6	+ 1,1	40,7
6	717,16	— 8,36	+ 3,19	—0,05	+ 0,8	+ 6,8	4,77	+0,43	830	+ 58	630	980	10,4	7	SO. 1	0,76	6,5	+ 1,0	41,0
7	715,54	— 9,93	+ 5,82	+2,46	+ 1,9	+11,6	4,45	+0,10	655	—114	400	860	4,8	7	SSO. 3	0,87	6,6	+ 1,0	41,0
8	714,01	—11,40	+ 3,09	—0,39	+ 0,4	+ 6,1	4,58	+0,22	820	+ 53	620	980	6,9	4	SO. 1	0,96	6,5	+ 0,9	41,0
9	717,09	— 8,27	+ 1,02	—2,57	— 2,0	+ 6,1	4,57	+0,20	917	+153	670	970	2,7	5	variable	0,83	6,4	+ 0,7	41,0
10	721,90	— 3,40	+ 2,10	—1,61	+ 0,3	+ 4,9	4,51	+0,13	853	+ 91	670	1000	4,6	7	NNE. 2	0,96	6,1	+ 0,4	41,0
11	730,36	+ 5,11	+ 3,24	—0,59	+ 1,7	+ 6,7	4,15	—0,24	727	— 33	590	840	...	..	N. 1	0,97	...	.....	40,5
12	728,94	+ 3,74	+ 3,09	—0,86	— 1,8	+ 9,2	4,19	—0,22	727	— 30	520	910	...	..	SSO. 1	0,11	6,5	+ 0,7	40,5
13	716,99	— 8,16	+ 3,44	—0,63	+ 2,5	+ 5,4	4,60	+0,18	795	+ 40	690	920	0,9	4	SO. 1	1,00	6,1	+ 0,2	39,8
14	712,45	—12,65	+ 1,40	—2,79	+ 0,4	+ 3,4	3,28	—1,16	660	— 93	490	830	0,6	2	variable	0,81	6,0	0,0	39,5
15	714,55	—10,50	+ 0,05	—4,26	— 4,7	+ 4,5	3,30	—1,15	724	— 27	500	960	...	..	N. 1	0,26	5,8	— 0,2	38,5
16	715,03	— 9,97	+ 3,82	—0,62	— 1,8	+ 8,7	4,54	+0,07	745	— 4	590	940	...	..	variable	0,66	6,4	+ 0,3	38,2
17	714,11	—10,84	+ 4,74	+0,17	+ 3,1	+ 7,4	5,26	+0,77	826	+ 79	660	940	0,5	2	variable	0,70	6,2	+ 0,1	37,0
18	713,96	—10,94	+ 5,73	+1,03	+ 1,3	+12,5	5,24	+0,73	771	+ 26	410	940	5,4	4	variable	0,72	...	.....	36,5
19	706,27	—18,58	+ 3,86	—0,96	+ 1,2	+ 7,1	5,44	+0,91	914	+171	680	1000	20,4	17	S. 3	1,00	6,2	0,0	36,0
20	709,85	—14,96	+ 7,24	+2,30	+ 3,8	+12,3	5,56	+1,01	719	— 22	570	740	...	..	variable	0,52	6,7	+ 0,4	35,8
21	710,02	—14,75	+ 6,58	+1,51	+ 1,0	+11,3	5,66	+1,09	757	+ 18	580	880	...	..	variable	0,61	6,7	+ 0,3	35,7
22	717,30	— 7,43	+ 6,61	+1,41	+ 3,6	+10,6	5,33	+0,73	739	+ 2	630	820	2,0	5	SSO. 1	0,93	6,8	+ 0,4	35,5
23	726,64	+ 1,95	+ 3,62	—1,71	+ 1,1	+ 7,2	3,89	—0,73	657	— 78	510	870	...	..	NNE. 2	0,16	6,9	+ 0,4	37,0
24	718,40	— 6,25	+ 8,38	+2,92	+ 1,0	+13,0	5,33	+0,68	632	—102	460	740	7,3	4	SO. 3	0,90	6,8	+ 0,3	35,0
25	724,23	— 0,38	+ 4,90	—0,69	+ 3,8	+ 9,7	5,49	+0,81	850	+118	690	980	12,2	14	SSO. 3	1,00	...	.....	34,5
26	733,32	+ 8,75	+ 6,46	+0,74	+ 3,4	+10,1	5,00	+0,29	702	— 28	470	970	...	..	N. 1	0,30	6,9	+ 0,1	34,0
27	733,09	+ 8,56	+ 6,36	+0,51	— 0,3	+12,0	5,02	+0,28	696	— 33	460	970	0,6	2	N. 1	0,50	7,0	+ 0,3	33,0
28	732,73	+ 8,23	+ 7,78	+1,80	+ 6,1	+14,0	6,42	+1,65	821	+ 94	540	910	...	..	N. 1	0,82	7,4	+ 0,6	33,0
29	731,19	+ 6,72	+ 8,23	+2,12	+ 2,4	+13,1	5,86	+1,06	712	— 14	510	940	...	..	N. 1	0,48	7,7	+ 0,8	32,0
30	731,78	+ 7,34	+ 9,73	+3,48	+ 4,8	+15,0	6,07	+1,24	680	— 45	390	840	0,1	1	N. 1	0,50	...	.....	32,0
31	726,69	+ 2,28	+11,54	+5,16	+ 8,0	+16,8	7,10	+2,23	705	— 19	470	910	...	..	SSO. 1	0,88	8,7	+ 1,7	32,0

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1866.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	716,09	716,52	716,75	716,67	716,30	716,19	716,59	717,14	717,49
2e «	716,82	717,15	717,05	716,58	715,81	715,10	715,07	715,34	715,38
3e «	725,96	726,43	726,52	726,09	725,60	725,32	725,50	726,22	726,57
Mois	719,82	720,24	720,31	719,98	719,44	719,08	719,26	719,78	720,03
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 2,51	+ 3,43	+ 5,04	+ 5,80	+ 5,72	+ 5,19	+ 3,80	+ 3,04	+ 2,72
2e «	+ 1,28	+ 2,72	+ 4,36	+ 5,26	+ 5,98	+ 6,37	+ 5,22	+ 4,24	+ 3,44
3e «	+ 4,30	+ 6,11	+ 8,30	+ 9,87	+10,68	+10,11	+ 9,09	+ 7,57	+ 6,59
Mois	+ 2,75	+ 4,15	+ 5,98	+ 7,07	+ 7,56	+ 7,32	+ 6,13	+ 5,03	+ 4,32
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	5,06	5,17	5,44	5,49	5,22	5,24	5,20	5,11	5,06
2e «	4,29	4,57	4,69	4,78	4,74	4,46	4,66	4,66	4,59
3e «	5,36	5,79	5,81	5,69	5,16	5,44	5,63	5,93	5,71
Mois	4,92	5,20	5,33	5,33	5,04	5,06	5,18	5,25	5,14
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	911	883	832	806	771	798	868	893	902
2e «	852	812	754	720	675	619	690	740	779
3e «	844	809	700	625	541	590	646	764	779
Mois	868	834	760	714	658	666	732	798	819

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	p.
1re décade	+ 0,88	+ 7,13	0,88	6,33	107,3	40,95
2e «	+ 0,57	+ 7,72	0,67	6,24	27,8	38,23
3e «	+ 3,17	+12,07	0,64	7,21	22,2	33,97
Mois	+ 1,59	+ 9,07	0,73	6,61	157,3	37,60

Dans ce mois, l'air a été calme 1 sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,74 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 69,6 O. et son intensité est égale à 23,2 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1866.

Le 4, brouillard depuis 2 heures du soir.
5, brouillard toute la journée.
6. brouillard de midi à 6 heures du soir.
8, brouillard depuis 8 heures du matin.
14, brouillard depuis 4 heures du soir.
16, brouillard depuis 4 heures du soir.
17, brouillard toute la journée.
18, brouillard jusqu'à 10 heures du matin.
19, brouillard depuis 2 heures du soir.
20, brouillard depuis 8 heures du soir.
22, brouillard à peu près toute la journée.
23, brouillard jusqu'à 10 heures du matin.
24, brouillard à peu près toute la journée.
25, brouillard de 6 heures du soir à 8 heures.
26, brouillard depuis 8 heures du soir.
27, brouillard depuis 6 heures du soir.
28, id.
29, brouillard jusqu'à 8 heures du matin.
30, brouillard jusqu'à 10 heures du matin et le soir depuis 8 heures.
31, brouillard jusqu'à 6 heures du soir.

Le 19 et le 25 la quantité de neige mesurée est probablement trop faible, parce qu'elle tombait par un fort vent qui l'emportait hors du réservoir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. matin...	555,49		
		Le 3 à 2 h. après-m.	551,17
4 à 10 h. soir....	558,23		
		6 à 6 h. matin...	550,77
7 à 2 h. après-m.	553,61		
		9 à 8 h. matin...	549,67
12 à 10 h. matin...	563,13		
		14 à 10 h. matin...	545,98
16 à 2 h. après-m.	555,58		
		19 à 2 h. après-m.	545,85
20 à midi........	551,19		
		21 à 6 h. matin...	547,81
23 à 10 h. soir....	562,29		
		24 à 8 h. soir....	554,99
26 à 10 h. soir....	566,76		
		29 à 4 h. après-m.	564,84
30 à 10 h. soir....	565,92		

SAINT-BERNARD. — MARS 1866.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum *	Maximum *	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.			
1	552,83	— 6,94	551,76	553,57	— 8,77	— 0,32	—11,1	— 6,9	20	2,7	5	SO. 1	0,78
2	554,81	— 4,96	554,47	555,49	— 6,51	+ 1,88	— 7,7	— 4,5	60	5,5	9	variable	0,97
3	551,74	— 8,03	551,17	552,89	— 4,31	+ 4,01	— 6,2	— 1,7	20	4,4	2	SO. 1	1,00
4	557,21	— 2,55	556,21	558,23	— 5,07	+ 3,19	— 5,7	— 2,7	.....	.....	......	SO. 1	0,58
5	555,36	— 4,40	554,42	556,55	— 5,27	+ 2,93	— 6,0	— 3,9	50	6,8	6	SO. 1	1,00
6	552,41	— 7,35	550,77	553,32	— 8,12	+ 0,01	—11,2	— 5,4	210	16,8	12	NE. 1	0,78
7	552,79	— 6,97	552,11	553,61	— 9,37	— 1,31	—12,7	— 5,5	.....	.....	......	NE. 1	0,80
8	550,18	— 9,58	549,88	550,98	—10,39	— 2,40	—12,3	— 8,0	30	2,1	4	NE. 1	0,79
9	550,58	— 9,19	549,67	551,66	—12,06	— 4,14	—13,5	— 9,0	40	2,4	4	NE. 1	0,94
10	555,10	— 4,67	553,07	558,72	—10,61	— 2,76	—12,6	— 6,1	100	3,2	7	NE. 1	0,78
11	561,87	+ 2,10	560,85	563,02	—10,24	— 2,47	—12,5	— 6,8	.....	.....	......	NE. 1	0,09
12	561,53	+ 1,75	559,37	563,13	— 6,17	+ 1,52	—11,7	— 0,3	.....	.....	......	NE. 1	0,00
13	551,98	— 7,81	549,26	555,06	— 9,33	— 1,72	—10,1	— 7,4	20	0,6	2	NE. 1	0,93
14	546,64	—13,16	545,98	547,68	—12,90	— 5,37	—15,1	—10,3	130	5,6	10	NE. 1	0,93
15	550,89	— 8,92	548,08	553,52	—11,61	— 4,16	—18,0	— 8,3	.....	.....	......	variable	0,06
16	555,05	— 4,77	554,05	555,58	— 9,87	— 2,51	—12,0	— 7,9	20	1,4	2	SO. 2	0,99
17	552,69	— 7,14	552,08	553,53	— 7,33	— 0,06	— 8,2	— 5,5	.....	.....	......	SO. 1	1,00
18	552,42	— 7,43	551,00	553,65	— 7,17	+ 0,01	— 9,0	— 5,1	.....	.....	......	NE. 1	0,88
19	548,04	—11,82	545,85	552,38	— 8,62	— 1,53	— 9,8	— 7,0	30	6,4	11	SO. 2	1,00
20	550,19	— 9,69	549,55	551,19	— 6,56	+ 0,44	— 8,0	— 3,9	.....	.....	......	NE. 1	0,68
21	549,26	—10,64	547,81	550,66	— 5,03	+ 1,88	— 8,0	0,0	.....	.....	......	NE. 1	0,71
22	553,91	— 6,01	550,98	556,67	— 5,67	+ 1,14	— 9,0	+ 0,6	20	3,6	3	NE. 1	1,00
23	560,45	+ 0,50	558,04	562,29	— 8,21	— 1,51	—12,3	— 4,7	30	1,9	4	NE. 1	0,29
24	557,82	— 2,15	554,99	559,88	— 7,54	— 0,93	— 7,8	— 6,2	60	7,2	10	SO. 2	1,00
25	558,42	— 1,58	556,61	560,65	— 7,65	— 1,14	— 9,0	— 3,2	140	13,1	12	NE. 2	1,00
26	563,72	+ 5,69	562,85	566,76	— 7,99	— 1,58	— 9,0	— 5,4	.....	.....	......	NE. 1	0,79
27	566,28	+ 6,22	566,05	566,63	— 5,88	+ 0,43	— 8,0	— 3,0	.....	.....	......	NE. 1	0,39
28	566,00	+ 5,91	565,69	566,32	— 5,61	+ 0,59	— 7,0	— 1,3	.....	.....	......	NE. 1	0,97
29	565,19	+ 5,07	564,84	565,66	— 5,42	+ 0,67	— 8,9	— 0,1	.....	.....	......	NE. 1	0,86
30	565,67	+ 5,52	565,27	565,92	— 5,29	+ 0,69	— 8,3	— 2,3	.....	.....	......	NE. 2	0,72
31	562,66	+ 2,47	561,03	564,05	— 2,28	+ 3,59	— 4,0	+ 1,7	.....	.....	......	NE. 1	0,98

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1866.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	552,76	552,91	553,40	553,69	553,62	553,17	553,25	553,87	553,78
2 «	553,27	553,30	553,49	553,52	553,06	552,91	553,13	553,09	553,13
3 «	560,28	560,61	561,07	561,35	561,15	561,25	561,25	561,50	561,59
Mois	555,59	555,77	556,15	556,35	556,11	555,95	556,05	556,33	556,34
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 9,18	— 8,16	— 7,01	— 6,07	— 5,83	— 7,15	— 7,97	— 8,26	— 8,59
2e «	—10,88	— 9,34	— 8,01	— 6,80	— 6,91	— 7,20	— 8,58	— 9,42	— 9,48
3e «	— 8,04	— 6,80	— 5,37	— 3,55	— 2,69	— 3,94	— 6,04	— 6,77	— 7,06
Mois	— 9,32	— 8,06	— 6,75	— 5,41	— 5,06	— 6,03	— 7,48	— 8,11	— 8,34

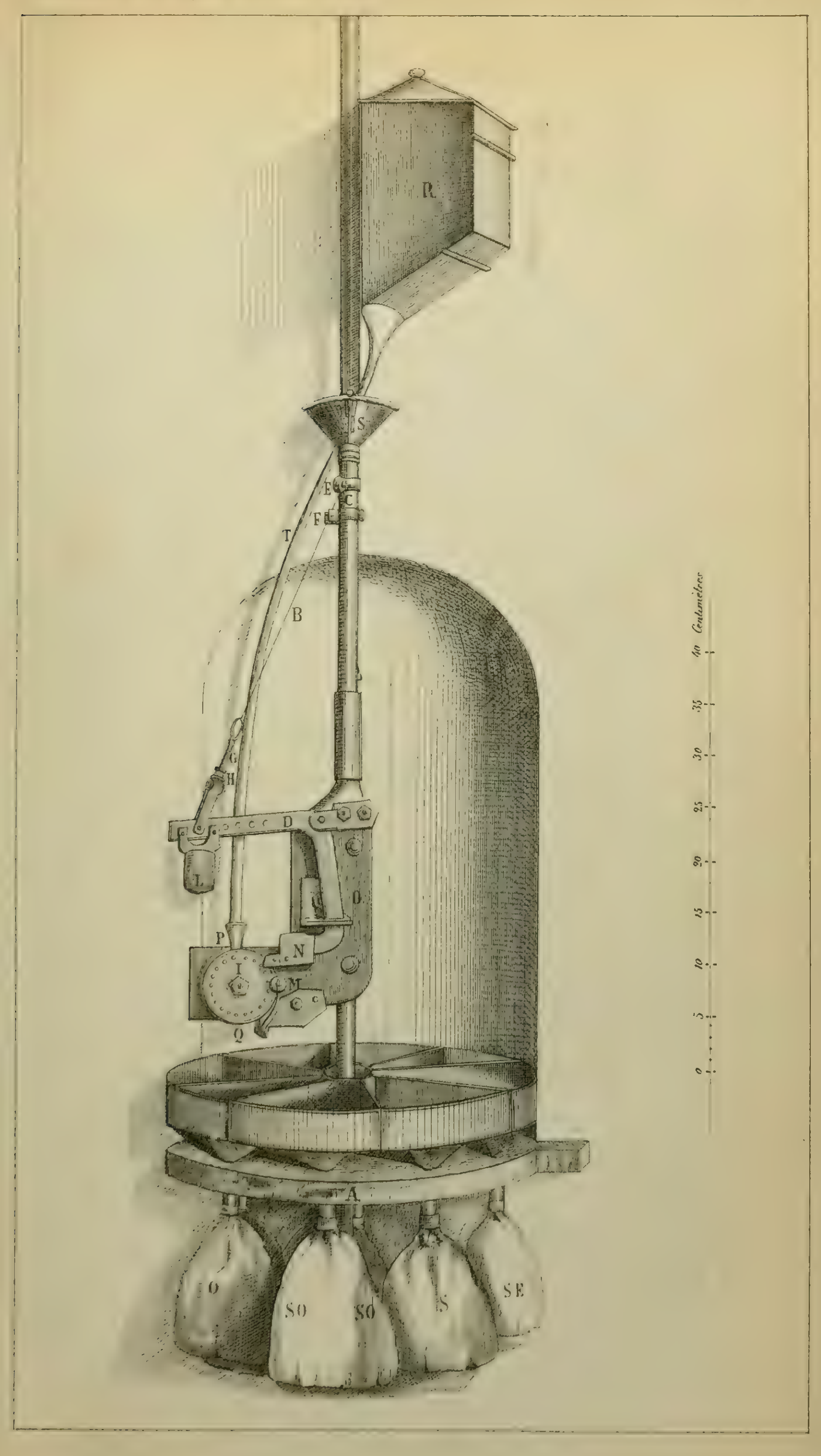
	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 9,90	— 5,37	0,84	43,9	530
2e «	—11,44	— 6,25	0,66	14,0	200
3e «	— 8,30	— 2,17	0,79	25,8	250
Mois	— 9,83	— 4,52	0,76	83,7	980

Dans ce mois, l'air a été calme 7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,92 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E. et son intensité est égale à 34 sur 100.

* Voir la note du tableau.


R
S
E
C
F
T
B
G
H
D
L
O
P
N
I
M
Q
A
O
SO
SO
S
SE
40 Centimètres
35
30
25
20
15
10
5
0

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXV (NOUVELLE PÉRIODE)

1866. — N°s 97 à 100.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

